



Technická univerzita v Liberci
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Měřicí zařízení pro speciální spektrofotometr

Measuring device for the special spectrophotometre

Liberec 2004

Radek Jangl

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra měření

Studijní program: M 2612 - Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 3902T005 – Automatické řízení a inženýrská informatika

Měřicí zařízení pro speciální spektrofotometr

Measuring device for the special spectrophotometre

Radek Jangl

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Lenka Kretschmerová

Konzultant:

Ing. Martina Víková

Rozsah práce:

Počet stran: 48

Počet tabulek: 4

Počet obrázků: 25

Počet příloh: 6

Datum: 21. května 2004

Měřicí zařízení pro speciální spektrofotometr

Resumé :

Cílem diplomové práce je zrealizovat ovládání měřicího zařízení, které slouží k měření spekter zkoumaných materiálů a přenos naměřených dat z měřicího zařízení do počítače.

V diplomové práci jsou aplikovány nové metody a nové součástky na starší zařízení. Je realizován řídicí obvod pro změnu polohy otočného karuselu, na kterém jsou umístěny filtry. Přes tyto filtry je prováděno měření spekter zkoumaných materiálů. Dále je realizován panel s vizualizací polohy, ve které se karusel nachází a napájení celého polohovacího zařízení.

Ovládací a vizualizační panel je umístěn mimo konstrukci polohovacího zařízení z důvodů uzavření celého zařízení v samostatném krytu.

Abstract :

The aim of this diploma work is realization of the controller for device that is used for spectra measuring and consecutive transfers of gained data from the device to computer. In this diploma work are applied new methods and new parts to the used equipment. For change of position of rotary carousel is made control circuit where are placed filters. A material spectra is measured by these filters. Consequently is made panel with visualisation of position in which is actually situated carousel and the indication of power supply for the equipment.

The panel with integrated control and visualisation is placed out of track point's construction due to placing the equipment to one separate case.

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 21. 5. 2004

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří mi pomohli s diplomovou prací. Ať už to byly věcné připomínky či potřebné odborné znalosti k dané problematice.

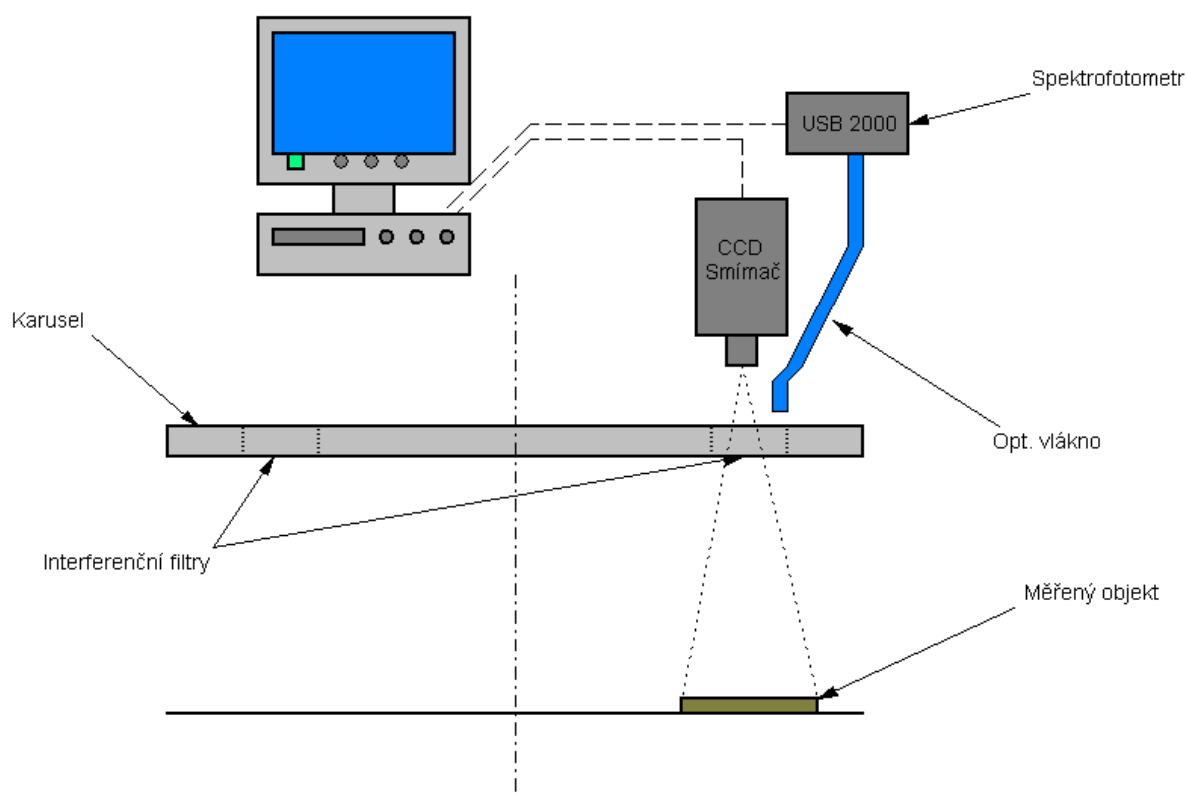
Moje dík patří především vedoucí mé diplomové práce Ing. Lence Kretschmerové a konzultantce Ing. Martině Vikové. A dále ostatním lidem, kteří mě v mém snažení podporovali.

1. Úvod	9
1.1. Členění práce.....	10
2. Úvod spektrofotometrů.....	7
2.1. Rozdělení spektrofotometrů	7
2.2. Metoda výchylková	8
2.3. Metoda kompenzační	9
2.4. Metoda substituční	11
2.5. Monochromátory a filtry	11
2.6. Spektrofotometr používaný v zařízení	12
3. Mikroprocesory a mikrořadiče xx51	14
3.1. Obecný popis 8051	14
3.2. Jednočipové mikrořadiče	15
3.3. Vlastnosti mikrořadičů xx51	15
3.4. Zapojení vývodů 2051	16
3.5. Vnitřní zapojení portů	19
3.6. Programování mikrořadičů xx51	20
3.6.1 Čtení signatury	21
3.6.2 Mazání obsahu	21
3.6.3 Programovací algoritmus	21
4. Asynchronní motory	23
4.1. Jednofázové asynchronní motory	24
4.2. Popis jednotlivých konstrukcí rozběhu	25
5. Vlastní realizace	26
5.1. Popis zařízení	26
5.2. Nulová poloha	27
5.3. Motor	28
5.4. Západka	30
5.5. Mikroprocesor	31
5.6. Návrh ovládacího plošného spoje	32
5.6.1 Zapojení obvodů ovládajících západku	32
5.6.2 Zapojení motoru a jeho spouštění	33
5.6.3 Zapojení posunovacího spínače	34
5.6.4 Zapojení mikrospínačů na vnitřním odvodu karuselu	35
5.6.5 Kompletní zapojení s mikrořadičem 2051	36
5.7. Program pro mikrořadič 2051	38
5.7.1 Programování mikrořadiče 2051	39
5. Rušení elektromagnetickým polem	41
6. Závěr	43

7. Literatura.....	44
Seznam obrázků a tabulek	45
Přílohy diplomové práce	46
A. Zapojení ovládacích obvodů :	47
B. Plošné spoje ovládacích obvodů :	49
C. Zdrojový kód programu pro mikrořadič AT89C2051 :	52
D. Obsah přiloženého CD	
F. Návod k obsluze	

1. Úvod

Úkolem této diplomové práce je realizace ovládání měřicího zařízení, na kterém bude probíhat měření spekter. Na otočném karuselu budou umístěny filtry. Přes tyto filtry se budou tato spektra snímat speciálním spektrofotometrem a CCD kamerou, případně dalšími přístroji.



OBR. 1. – KOMPLETNÍ ZAŘÍZENÍ S PŘÍSLUŠNÝMI SNÍMAČI

Karusel byl vyjmut ze zařízení, které kdysi sloužilo k podobnému účelu. Toto zařízení mělo označení ZBISS RFC 3. Z původního zařízení se zachoval otočný karusel, elektromechanická západka, motor, který zajišťuje otáčení karuselu a mikrospínače umístěné po vnitřním obvodu. K realizaci bylo potřeba aplikovat současnou techniku na starší zařízení. Výsledkem je jedinečné zařízení, které v této kombinaci ještě neexistuje. V měření je využívána multispektrální obrazová analýza. Tato metoda je v současnosti využívána v kartografii (snímkování země), vojenství (dálkový průzkum), archeologii (zkoumání terénu) a dalších lidských činnostech. Metoda se pořád zdokonaluje, tak jak se zdokonalují přístroje které slouží k snímkování.

Požadavek je na posun o jednu pozici pouze jedním směrem a vyřešení nulové polohy. To bude realizováno pomocí tlačítka na ovládacím panelu. Na ovládacím panelu je také pomocí led diod realizována vizualizace polohy, ve které se karusel právě nachází. Ovládací panel musí být umístěn mimo karusel, jelikož v konečné podobě bude celé zařízení zakryto, aby se zabránilo vnikání rušivého záření, které by se projevilo ve výsledných naměřených spektrech.

Druhou částí diplomové práce je realizace softwaru pro řízení měřícího zařízení a vytvoření programu, který bude načítat měřená data z fotometru a bude je ukládat ve vhodném formátu do souboru, který bude použitelný pro další zpracování v programech Matlab nebo Exel.

1.1. Členění práce

Práce začíná úvodem, kde jsou uvedeny cíle diplomové práce a nastínění metody v které bude realizované zařízení používáno.

V kapitole 2. je obecné rozdělení spektrofotometrů a v závěru této kapitoly je popsán spektrofotometr, který bude v tomto případě používán. Nechybí zde i popis ovládacího softwaru.

Třetí kapitola je věnována rozdělení jednofázových motorů a konstrukcím rozběhu.

Kapitola číslo 4. se věnuje návrhu vlastní realizace ovládací a řídicí části. Je zde také popis karuselu a jeho jednotlivých částí, jako je motor, elektromechanická západka a mikropsínače.

Kapitola číslo 5. je věnována ověřovacímu měření a jsou zde ukázky naměřených dat. Jedná se pouze o ověřovací měření, protože v konečném řešení bude celé zařízení napevno připevněno ke stěně a bude použito více měřících prvků. Proto má provedené měření pouze informativní charakter.

Dosažené výsledky a konkrétní přínosy diplomové práce jsou shrnuty v části číslo 6.

Přílohy se nacházejí v zadní části diplomové práce a na zadní straně desek je umístěno CD s elektronickou podobou diplomové práce a nachází se na něm i vytvořený program a na zadní straně desek se nachází i návod k obsluze.

2. Úvod spektrofotometrů

Přístroje, které se používají k měření intenzity záření v ultrafialové (UV) nebo viditelné (VIS) oblasti spektra, se nazývají fotometry nebo spektrofotometry. Zaznamenávají poměr intenzity záření absorbovaného měřeným vzorkem k intenzitě referenčního záření v závislosti na vlnové délce záření dopadajícího na vzorek. Fotometry jsou jednodušší a používají k vymezení úzkého pásma vlnových délek filtry. Lze tedy měřit jen při těch vlnových délkách, které nám filtry umožňují separovat. Spektrofotometry používají mřížkový monochromátor, který dovoluje kontinuálně měnit vlnovou délku měření v širokém intervalu. Mimoto má spektrofotometr zpravidla citlivější detektor než fotometr a obvyklé jsou také dva zdroje světla (zvlášť pro UV a zvlášť pro VIS oblast).

Všechny fotometry a spektrofotometry sestávají ze tří základních částí:

- a) zdroje zářivé energie,
- b) filtru nebo mřížky pro izolaci úzkého pásma zářivé energie,
- c) detektoru měřícího zářivou energii propuštěnou vzorkem. Mezi filtr, resp. mřížku a detektor se vkládá kyveta s roztokem měřeného vzorku.

Tento přístroj se dělí podle druhu použité metody měření na tři druhy a to přístroje výchylkové, přístroje kompenzační a přístroje substituční.

2.1. Rozdělení spektrofotometrů

Spektrofotometry pracují se skutečně monochromatickým zářením, které je divergované hranolem nebo mřížkou. Dále je ještě dělíme na jednopaprskové nebo dvoupaprskové. Jednopaprskové přístroje jsou konstrukčně jednodušší a z toho vyplývá i jejich menší nákladnost. U spektrofotometrů se hlavně využívá přístrojů dvoupraprskových, protože je lze lépe využít pro automatizaci měřícího procesu a to je v dnešní době stále žádanější atribut.

2.2. Metoda výchylková

Výchylkovou metodou se pracuje u jednopaprskových i dvoupaprskových přístrojů. Výchylka je v obou případech konečným údajem pro sledovanou absorpci. U jednopaprskových přístrojů se naměřená výchylka definuje jako poměr výchylek galvanometru, z nichž jedna a_1 , odpovídá čistému rozpouštědлу a druhá a_2 , odpovídá propustnosti barevného analyzovaného roztoku.

Pro naměřenou extinkci platí vztah

$$A = \log \frac{\phi_o}{\phi} = \frac{a_1}{a_2}, \quad (1)$$

Výchylkovou metodou pracují nejjednodušší fotometry a také některé typy jednopaprskových spektrofotometrů. Ze všech přístrojů pro absorpčně fotometrická měření jsou principiálně nejjednodušší jednopaprskové výchylkové fotometry. Některé se skládají jen ze žárovky, filtru, kyvety a selénového fotočlánku s galvanometrem. Spektrální rozsah těchto fotometrů je omezen na viditelnou oblast. Většinou jsou vybaveny barevnými absorpčními filtry, protože interferenčních filtrů se používá méně, jelikož jsou nákladnější. Některé fotometry jsou opatřeny posuvnými interferenčními filtry nahrazujícími v daném případě velmi dobře monochromátory.

Sada barevných filtrů je ve většině případů vložena do otočného kotouče. Indikátorem záření býval nejčastěji selénový fotočlánek, některé přístroje jsou vybaveny fotonkami. V současné době se využívá jiných metod. Ve skupině výchylkových spektrofotometrů lze nalézt přístroje poměrně jednoduché (pro viditelnou oblast), u nichž se provádí indikace selénovým fotočlánkem. Patří sem však také přístroje vybavené fotonkami nebo i fotonásobičem, zahrnující celou spektrální oblast prakticky používanou v absorpční fotometrii anorganických sloučenin. Vybavení těchto přístrojů je bohatší a v mnoha případech slouží jako víceúčelové. S takovými přístroji je možno provádět i měření intensity zákalu, odraženého záření, měření fluorescence, dále plamennou fotometrii, proměřování chromatografů apod. V mnoha případech je možno pracovat s mimikyvetami a kyvetový prostor lze temperovat.

Výchylkové spektrofotometry spojují v sobě možnost proměřovat absorpční spektra a provádět v relativně krátkém čase sériová měření. Důležitá je čistota

proměřovaného spektra, která je závislá na kvalitě monochromátoru. Výchylková metoda je při objektivním měření světelné absorpce velmi používaná. Ze všech objektivních způsobů měření absorpce je nejjednodušší a s výjimkou výchylkových spektrofotometrů také ve vybavení přístroje je nejméně náročná. Pro oba způsoby měření (jednopaprskový i dvoupaprskový) je zapotřebí stabilizovaný zdroj napětí poskytující osvětlení o neměnné intenzitě. Předpokladem měření je vzájemná úměrnost mezi intenzitou osvětlení fotočlánku a vznikajícím fotoelektrickým proudem. U jednopaprskových přístrojů nesmí tudíž kolísání světelné intenzity překročit hodnotu $\pm 0,2\%$, aby nevznikala při měření extinkce chyba větší než $\pm 1\%$. U dvoupaprskového systému nemá toto kolísání překračovat hodnotu $\pm 0,3\%$.

2.3. Metoda kompenzační

V podstatě existují dva druhy kompenzačních přístrojů – elektrické a optické. Jejich společným znakem je, že používají galvanometru pouze k indikaci nuly (tj. bezproudového stavu). Kompenzace se zajišťuje vhodně zařazeným odporem nebo kompenzačním napětím apod. V tomto případě hovoříme o kompenzaci elektrické. U dvoupaprskových přístrojů se referenční světelný tok kompenzuje některým ze způsobů pro jeho zeslabování, jedná se tedy o kompenzaci optickou.

U jednopaprskových spektrofotometrů se elektrická kompenzace provádí tak, že fotoelektrický proud protékající vysokoohmovým odporem způsobuje pokles napětí, které se vyrovnává kompenzačním napětím a indikuje opět nulovou polohu galvanometru. Kompenzační napětí se odvětjuje potenciometrem, který je již kalibrován v jednotkách propustnosti a extinkce. Kompenzace je dosažena, je-li splňována podmínka podle vztahu

$$\frac{E_c}{R_c} = \frac{E}{R}, \quad (2)$$

kde E_c je napětí vkládané na fotonku přístroje, E je proměnné kompenzační napětí, R_c odpor fotonky, který je funkcí osvětlení a R vysokoohmový odpor.

U dvoupaprskových fotometrů se elektrická kompenzace uplatňuje tak, že výchylka galvanometru způsobená zmenšením fotoelektrického proudu v okruhu jednoho fotočlánku se kompenzuje zvětšováním odporem v druhém okruhu, a to tak, aby galvanometrem neprotékal žádný proud.

Optické kompenzace se využívá jen u dvoupaprskových přístrojů. Výchylka galvanometru způsobená absorpcí analyzovaného roztoku se u jednoho světelného paprsku kompenzuje tím, že se také druhý světelný paprsek měřitelně zeslabuje. Je-li intenzita obou světelných paprsků vyrovnaná, tak galvanometr se nevychyluje, protože jím neprotéká proud. Jako zeslabovacího zařízení se nejčastěji používá clony, šedého klínu nebo světelné polarizace.

U dvoupaprskových přístrojů, hlavně spektrofotometrů, se pracuje s modulovaným

(přerušovaným) světelným tokem poskytujícím po dopadu na detektor pulzující fotoelektrický proud, který lze snadno zesilovat. Pokud v systému vzniká střídavá složka fotoelektrického proudu, pak nulový přístroj poskytuje výchylku. Jsou-li však oba fotoelektrické proudy vyrovnané, střídavá složka fotoelektrického proudu mizí, stejnosměrná se nezesiluje a galvanometr nezaznamenává výchylku. Takto je tomu také u dalšího případu optické kompenzace, tj. u dvoupaprskových přístrojů se společným čínidlem dopadajícího záření – fotonkou nebo fotonásobičem.

Kompenzační fotometrická měření jsou přesnější než předchozí měření výchylková. Při práci s indikátory záření prakticky stejných vlastností a při stabilizaci používaného napětí apod. je možno dosáhnout průměrné přesnosti $\pm 1\%$.

Jednopaprskové spektrofotometry s elektrickou kompenzací jsou se všemi dvoupaprskovými spektrofotometry s kvalitním monochromatickým zářením i dosažitelnou přesností a spolehlivostí řadí do skupiny standardních přístrojů pro fotometrická a spektrofotometrická měření, která poskytují navzájem srovnatelné výsledky.

Za posledních 15 let bylo u registračních spektrofotometrů dosaženo maximálního požadavku automatizace pro zápis spektra. Hlavně v praxi je však v mnoha případech absorpční fotometrie proměření spektra jen jedním z dílčích úkolů měření, zde se žádá i automatizace v laboratoři prováděného sériového měření.

2.4. Metoda substituční

Této metody lze principiálně použít u jednopaprskových i dvoupaprskových přístrojů, v obou případech se absorpce způsobená absorbujícím vzorkem proměřuje některým ze zeslabovacích prostředků, tj. klínem, clonou nebo na základě polarizace. U dvoupaprskových spektrofotometrů se měření provádí v témže světelném toku, do něhož se vkládá absorbující vzorek a druhý světelný tok dopadá na vyrovnávací fotoelektrický článek.

K substituční metodě lze též počítat postup, při němž se analyzovaný vzorek nahrazuje standardním roztokem takové koncentrace, aby bylo dosaženo stejné výchylky nulového přístroje. Koncentrace standardu, pak odpovídá koncentraci vzorku. Tento postup je v podstatě objektizovaným způsobem srovnávací kolorimetrie.

Substituční metoda je ze všech používaných způsobů v podstatě nejpřesnější, protože vyřazuje všechny chyby vyskytující se u předchozích metod. To jsou nesymetričnost přístroje, nestejné hodnoty fotočlánků nebo fotonek apod. Prakticky dosažitelná přesnost substitučního měření je až 0,02%.

2.5. Monochromátory a filtry

Monochromatické záření se získává monochromátory, tj. kombinací hranolu nebo mřížky s pomocnými prostředky pro vedení světelného paprsku nebo filtry, kterými se vymezuje již méně kvalitní záření, užívané hlavně v běžnějších fotometrech.

Monochromátor jako část spektrofotometru je disperzní zařízení zahrnující vstupní a výstupní štěrbinu, zobrazovací optiku a hranol nebo mřížku. U přístrojů s monochromátorem se kvalita záření definuje efektivní spektrální šíří pásu $\Delta\lambda$, odpovídající obdobné spektrální šíři u filtrů. Kvalita a současně též intenzita monochromatického záření závisí vlastně na šíři obou štěrbin.

Filtrem se vymezuje ze spojitého záření co nejužší pás monochromatického světla užívaný v běžnějších fotometrech. Kvalita filtru se hodnotí podle jeho křivky propustnosti

$$T = f(\lambda) \quad (3)$$

, která je zvonovitého tvaru. Spektrální šíři filtru udává hodnota h , která odpovídá intervalu vlnových délek záření v polovině maximální propustnosti. Vedle spektrální šíře se u filtrů udává, při jaké vlnové délce má maximum propustnosti (λ_{max}) a jakou má maximální propustnost (T_{max}).

Barevné absorpční filtry patří k nejjednodušším. Jsou to buď skla přímo vybarvovaná kysličníky některých kovů nebo skla pokrytá vrstvou želatiny, v níž jsou rozpouštěna organická barviva. Průměrná spektrální šíře barevného skleněného filtru se pohybuje v rozmezí 30-80 nm. Zhotovují se v síle asi 1-6 mm, zesilování vrstvy filtru omezuje pak již jen světelnou propustnost, aniž se dosahuje zúžení hodnoty h .

Interferenční filtry nepracují již na základě selektivní absorpce záření, ale využívají mnohonásobné interference záření mezi mezními plochami, které mají výborné odrazové vlastnosti.

2.6 Spektrofotometr používaný v zařízení

Pro měření spekter je využíván spektrometr od firmy Ocean Optics. Konkrétně se jedná o typ USB2000. Součástí dodávaného spektrofotometru je měřicí software OOIBase32. USB200 je miniaturní vláknový optický spektrometr. USB2000 musí komunikovat s PC přes externí A/D převodník. Převodník může v případě připojení několika zařízení vykazovat problémy. Proto byl vytvořen Plug and Play spektrometr.

USB2000 má zlepšené tyto vlastnosti :

- Má zjednodušené rozhraní spektrometr – PC. Připojuje se přímo do USB portu jakéhokoliv počítače či notebooku.
- Má miniaturní konstrukci

- Uživatel si může zvolit detektory, mřížky a mnoho dalších doplňků a tak přizpůsobit systém pro svou aplikaci.
- Nemá žádné externí napájení. Je napájen přímo z USB portu počítače.
- Po inicializaci konfiguruje software počítače.

Jednotlivá nastavení se provádějí pomocí dodávaného softwaru OOIBase32. Instaluje se na jakýkoliv počítač či notebook, který obsahuje systém Windows 98/Me/2000/XP. Pak již stačí pouze spojit spektrometr s počítačem pomocí USB kabelu. Tím se vyloučí potřeba instalace A/D převodníku. Hned po připojení spektrometru a spuštění programu může uživatel začít měřit.

USB2000 pracuje tak, že přijímá světlo, které přenáší přes optické vlákno a rozptyluje ho upevněnou mřížkou přes lineární CCD detektor, který má citlivost od 200 – 1100 nm.

Z toho plyne, že je zde velká možnost konfigurace ze strany uživatele, který si může vytvářet optimální systémy pro své aplikace. Tomu nahrává snadná výměna jednotlivých částí, u kterých stačí odšroubovat konektor a přidat novou součást. Mohou to být například světelné zdroje, filtry, atd.



OBR. 2. – SPEKTROMETR USB2000

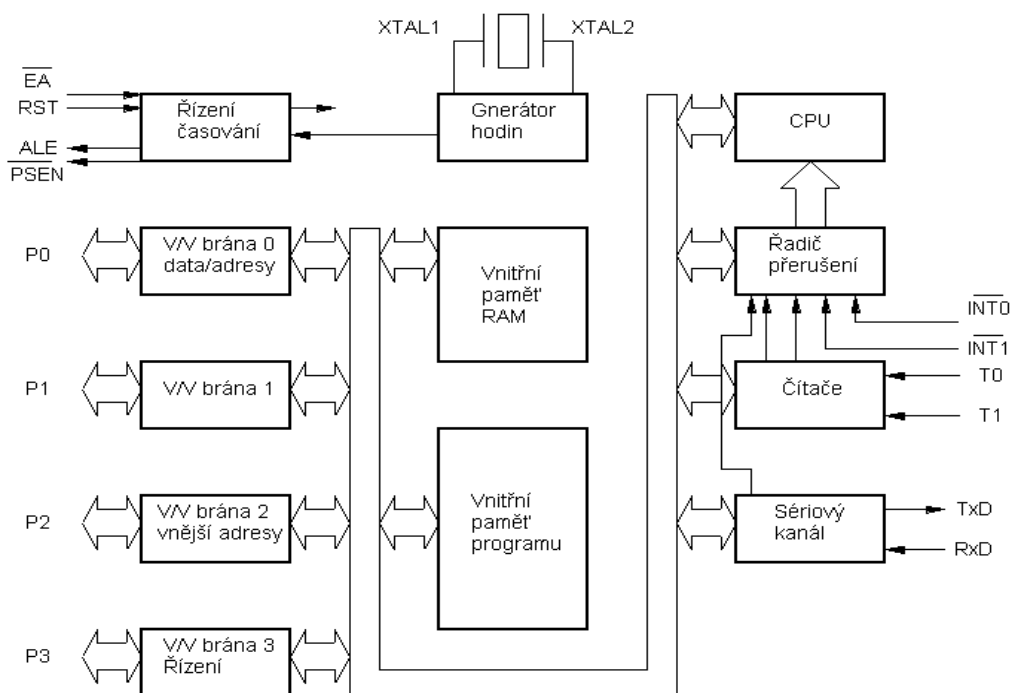
3. Mikroprocesory a mikrořadiče xx51

Mikrořadič AT89C2051 je odvozen z mikroprocesoru 8051. Oproti 8051 má však omezenější paměťové možnosti a vstupně/výstupní porty.

3.1 Obecný popis 8051

Mikroprocesor 8051 je 8bitový jednočipový mikroprocesor, který má harwardskou strukturu. To znamená, že má od sebe oddělenou datovou a programovou část. Procesor je schopen samostatné činnosti pouze v případě, že je připojen vnější krystal a to konkrétně na vývody XTAL1 a XTAL2 a dále napájecí napětí o hodnotě +5V.

Procesorová jednotka CPU je zde umístěna přímo na čipu procesoru a je vnitřní sběrnici propojena s pamětí programu. Ta může být ROM nebo EPROM. Dále s pamětí RAM a nakonec se čtyřmi vstupně/výstupními branami P0 až P3. Ty slouží ke komunikaci s vnějšími periferiemi. Pro tuto komunikaci zde existuje 5 druhů přerušení. Z toho 2 externí, 2 od časovačů a od sériového kanálu. Zde je nutno zmínit, že každé přerušení má různou prioritu. Mikroprocesor 8051 je vybaven duplexním sériovým kanálem.



OBR. 3. – BLOKOVÉ SCHÉMA MIKROPROCESORU 8051

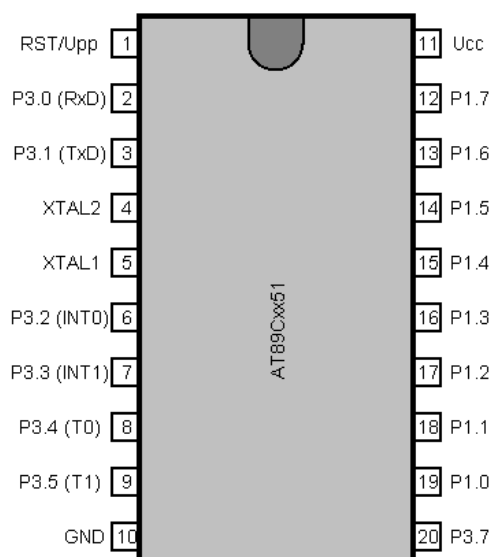
3.2 Jednočipové mikrořadiče

Jednočipové mikrořadiče představují spojení mikroprocesoru s vnitřní pamětí a s obvody rozhraní. Mikročip obsahuje poměrně malé množství vývodů, které je možné používat k přímému řízení připojených zařízení. Výhodou jednočipových mikrořadičů je poměrně nízká cena. Naopak nevýhodou je velmi špatná rozšiřitelnost.

3.3 Vlastnosti mikrořadičů xx51

Tyto mikrořadiče vycházejí z mikroprocesoru 8051 a mezi jejich vlastnosti patří:

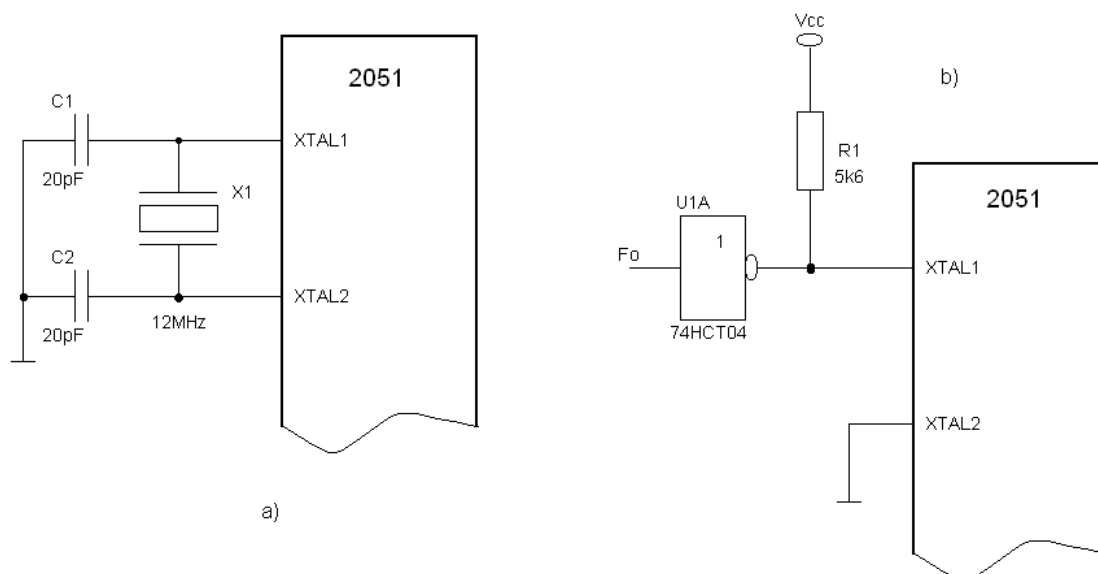
- Napájecí napětí mikrořadiče se pohybuje v rozmezí 2,7V až 6V
- Paměť Flash má dvouúrovňový zámek
- Mikrořadiče mají integrovanou datovou RAM, která má kapacitu 128B a integrovanou Flash paměť pro uložení programu a její velikost závisí na typu mikrořadiče
- Počet přeprogramování se pohybuje okolo 1000
- Mikrořadič pracuje s hodinovým kmitočtem 0 až 24 MHz
- Možnost ovládání až 15 vstupně/výstupních linek. Zkratový proud jedné linky je 20mA
- Dva integrované 16 bitové čítače/časovače
- Integrovaný programovatelný sériový kanál
- 6 zdrojů přerušení
- integrovaný analogový komparátor
- konstrukce do 20 vývodového pouzdra



OBR. 4. - UMÍSTĚNÍ VÝVODŮ MIKROŘADIČE AT89Cxx51 V POUZDRU DIP 20

3.4 Zapojení vývodů 2051

XTAL1 a XTAL2 slouží k připojení krystalu či vnějšího zdroje taktovacího kmitočtu. Kde XTAL1 je vstup do invertujícího zesilovače a XTAL2 je výstupem z tohoto zesilovače. Krystal se doplňuje kondenzátory (pro krystaly $C_1 = C_2 = 30\text{pF} \pm 10\text{pF}$ a pro keramické rezonátory $C_1 = C_2 = 40\text{pF} \pm 10\text{pF}$). V případě vnějšího zdroje taktovacího kmitočtu se tento zdroj připojuje na XTAL1 a XTAL2 se nezapojuje.



OBR. 5. – ZPŮSOBY SYNCHRONIZACE 2051 - A) POMOCÍ KRYSTALU, B) VNĚJŠÍ ZDROJ TAKTOVACÍHO KMITOČTU

Mikrořadič AT89C2051 obsahuje pouze port P1 a P3. Z toho port P1 obsahuje 8 vstupně/výstupních linek. Vývody P1.2 až P1.7 jsou opatřeny vnitřními zdvihacími rezistory, které mají za následek, že vývody mají definovanou logickou úroveň (log.1). Tyto rezistory nejsou u vývodů P1.0 a P1.1, jelikož tyto vývody mají druhou funkci. A to že P1.0 je neinvertujícím a P1.1 invertujícím vstupem analogového komparátoru.

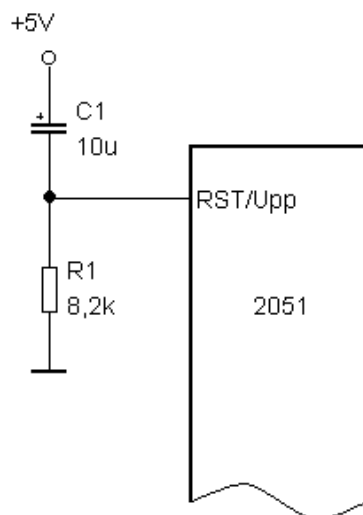
Port P3 obsahuje 7 vstupně/výstupních linek a všechny jsou opatřeny zdvihacími rezistory. Na portu P3 se také sdružují funkce, týkající zabudovaných periférií a také je používán při programování paměti Flash.

Tab.1. – Význam vývodů portu P3

Vývod	Druhá funkce
P3.0	RxD (sériový vstup)
P3.1	TxD (sériový výstup)
P3.2	$\overline{INT0}$ (vstup vnějšího přerušení 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (vstup vnějšího přerušení 1)
P3.4	T0 (vnější vstup čítače/časovače 0)
P3.5	T1 (vnější vstup čítače/časovače 1)

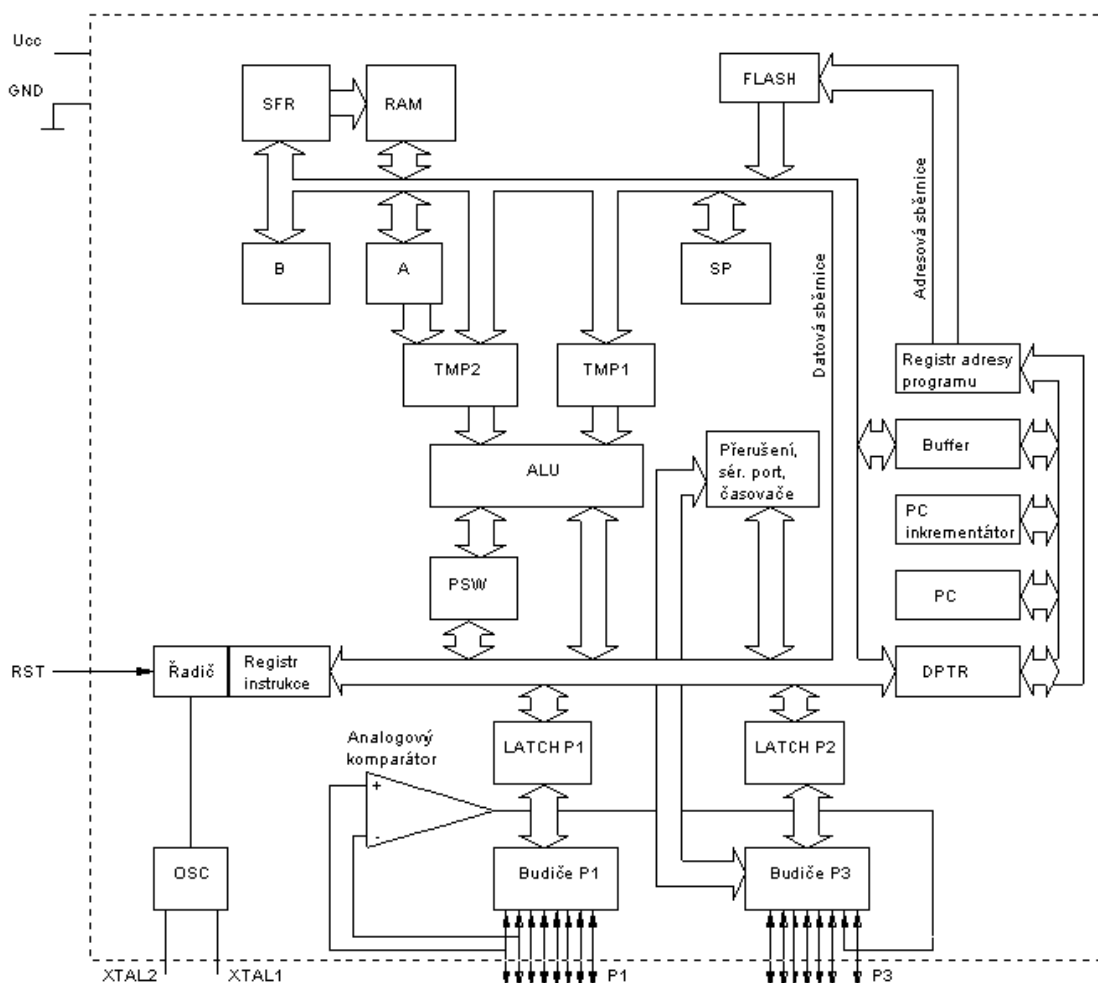
Rozdíl oproti mikroprocesoru 8051 je, že u mikrořadiče AT89C2051 nejsou k dispozici porty P0 a P2, ale pouze P1 a P3. Zde je jasné, že není možné vytvořit vnější paměťový prostor. Jako jediné řešení zbývá, použití sériové paměti a to pouze pro data. A dále mikrořadič AT89C2051 neobsahuje vnější sběrnici.

Dalším vývodem mikrořadiče AT89C2051 je RST. Jedná se o vstup signálu Reset – Nulování, který slouží k počátečnímu nastavení některých vnitřních obvodů mikrořadiče. Nulování se provádí tak, že na vývodu RST musí být připojena logická hodnota log.1 nejméně po dobu dvou strojových cyklů (tj. 24 period oscilátoru). Během nulování jsou nastaveny všechny I/O vývody na logickou hodnotu log. 1 a mohou se tedy ihned používat jako vstupy.



OBR. 6. – ZAPOJENÍ VSTUPU RST/UPP

Obsah vnitřní paměti RAM se funkcí nulování neovlivňuje. Při zapnutí napájecího napětí ovšem není obsah paměti RAM definován. Prakticky se funkce nulování zajišťuje připojením elektrolytického kondenzátoru s kapacitou 10µF mezi vývod RST a kladné napájecí napětí a rezistoru s odporem 8,2kΩ zapojeného mezi vývod RST a nulový potenciál (GND).



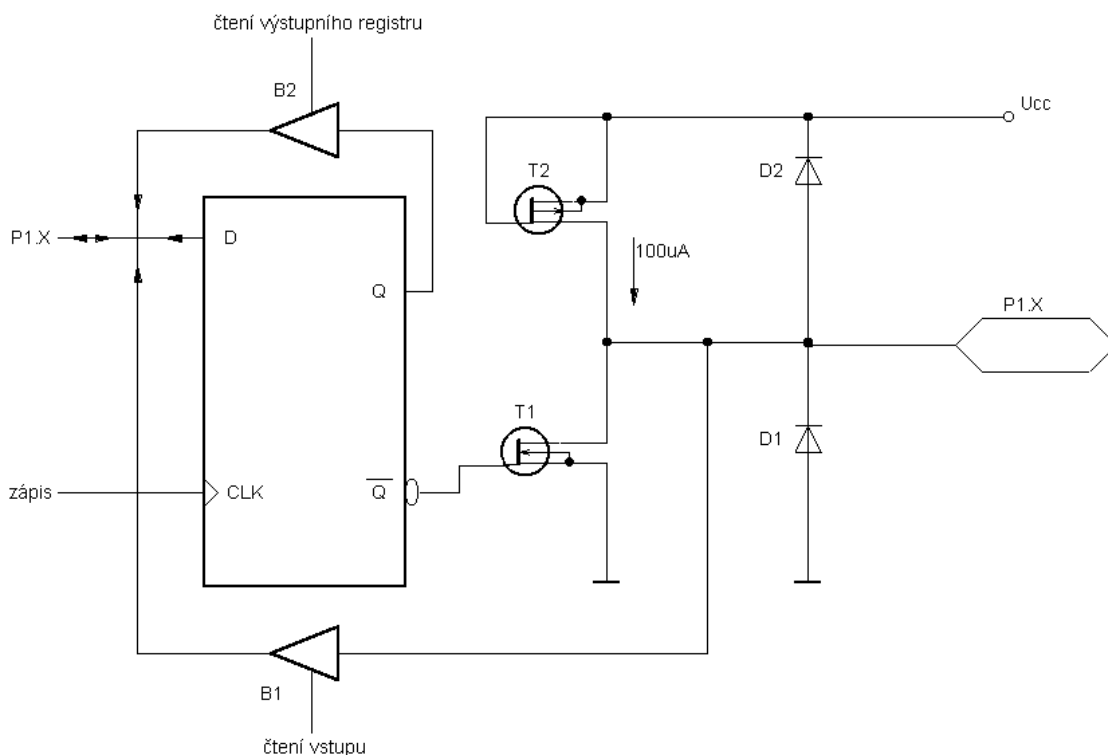
OBR. 7. – BLOKOVÉ SCHÉMA XX51

3.5 Vnitřní zapojení portů

Oba porty P1 a P3 jsou zapojeny stejným způsobem. Každý z portů je vybaven záchytným registrem, který je představován klopným obvodem D. Po resetu jsou oba porty nastaveny na log. 1 (11111111B). Vlastnosti paralelního portu jsou:

- Všechny vývody jsou po resetu nakonfigurovány jako vstupní
- Pokud je na daný bit zapsána log.1, chová se vývod jako vstup
- Zátěž je vhodné budít proti U_{cc} , jelikož pak lze odebírat proud až 20mA
- Vývod P3.6 není dostupný, protože je využíván vnitřně
- Instrukce pro čtení, modifikaci, zápis nečtou stavy vstupů, ale pouze obsah registru přes budič B_2
-

- Vývody P1.0 a P1.1 nemají integrován pull-up. Je zde vhodné připojit vnější pull-up.
- Pokud na daný bit zapíšeme log.0, je příslušný vývod přiveden k napětí 0V. Maximální proud, který lze odebírat, je 20mA a maximální celkový proud ze všech vývodů portů P1 a P3 je 80mA







OBR. 8. – VNITŘNÍ ZAPOJENÍ JEDNOHO BITU PORTU P1/P3

3.6 Programování mikrořadičů xx51

Jak již bylo zmíněno, mikrořadiče xx51 mají na čipu paměť Flash, jejíž kapacita se liší s typem mikrořadiče v rozmezí 1 až 4 KB. Tato paměť slouží k zápisu programu a při nákupu je ve smazaném stavu. To znamená, že každá buňka má hodnotu FFh. Takto připravená paměť je na programování. Pokud chceme paměť Flash přeprogramovat, je nutné ji nejdříve smazat. Mazání se provádí elektricky. Podle udání výrobců by paměť měla být schopna zvládnout 1000 cyklů přeprogramování.

Tab.2. – Režimy programování Flash

Režim		RST	P3.2	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7
Čtení signatury		1	1	0	0	0	0
Čtení programových dat		1	1	0	0	1	1
Mazání obsahu		12 V	 *	1	0	0	0
Zápis programových dat		12 V		0	1	1	1
Zápis zámku	Bit – 1	12 V		1	1	1	1
	Bit - 2	12 V		1	1	0	0

* zde musí impuls trvat alespoň 10ms

3.6.1 Čtení signatury

Význam signatury je v identifikaci obvodu. Což znamená, že je zjištěn výrobce a typ mikrořadiče. Čtení signatury probíhá po bajtech a začíná se číst od adresy 000h, 001h a 002h při P3.5 a P3.7 rovno nule.

3.6.2 Mazání obsahu

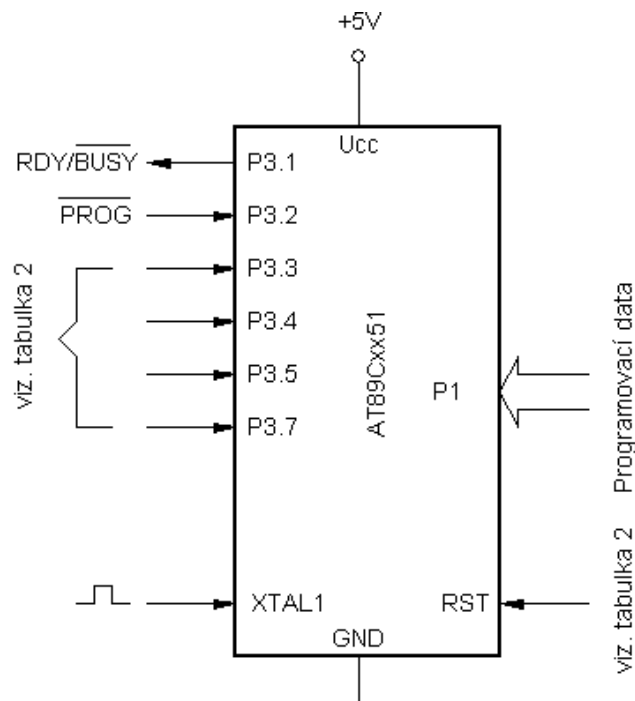
Mazání obsahu paměti Flash se provádí elektricky a to použitím příslušné kombinace dle tabulky $\overline{\text{PROG}}$ (P3.2) musí být na hodnotě log. 0 a to alespoň 10ms. Po následném smazání obsahu paměti je obsah buněk stejný jako v případě nového nenaprogramovaného obvodu a to FFh. Před každým novým programováním je nutno paměť smazat.

3.6.3 Programovací algoritmus

Zde bude zmíněn doporučený programovací algoritmus

1. Připojení napájecího napětí U_{cc} na 5V a $RST = X_{tal} = OV$
2. Nastavení $P3.2 = \text{log. } 1$ a $RST = \text{log. } 1$
3. Nastavení kombinace log. 0 a log. 1 na P3.3 až P3.7 podle žádané operace
4. Přenesení bajtu z adresy 000h na P1.0 až P1.7

5. Pro povolení programování musí být náběh RST na 12V
6. Pro potvrzení zápisu musí být na P3.2 přiveden záporný impuls. Zapisovací cyklus je časován automaticky a trvá zhruba 1,2ms
7. Připojením RST na log. 1 a P3.3 až P3.7 dle tabulky se provádí kontrola zápisu. Kontrolní data jsou k dispozici na P1.0 až P1.7
8. Pokud chceme naprogramovat další bajt je třeba vytvořit kladný impuls pro XTAL1 a pak následně připojit data na P1.0 až P1.7
9. Pro zapsání celého programu opakujeme kroky 5 až 8
10. Nakonec odpojíme napájení $U_{cc} = 0V$ a $RST = XTAL1 = 0$



OBR. 9. – PROGRAMOVÁNÍ FLASH

4. Asynchronní motory

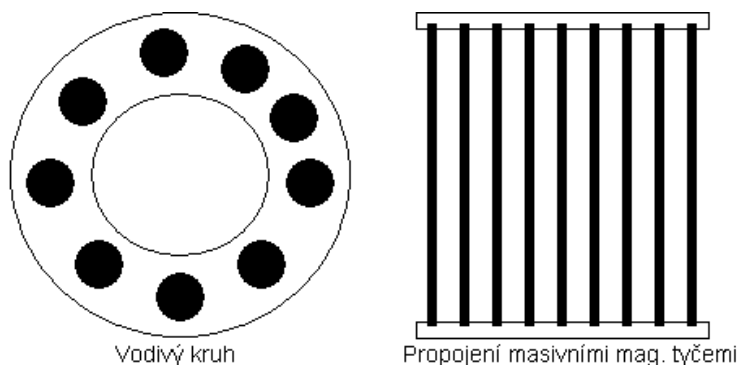
Asynchronní motory, neboli indukční motory, jsou točivé stroje, které mají malou mezerou rozdělen magnetický obvod na rotor a stator. Obě části jsou opatřeny vinutím. Vinutí na rotoru je spojeno nakrátko a elektromagnetickou indukcí v něm vzniká proud. Statorové vinutí je připojeno na zdroj střídavého proudu. Výhodou těchto motorů je, že jsou poměrně spolehlivé, jednoduché a nevyžadují častou údržbu.

Tyto motory se dělí podle dvou aspektů a to :

1. Podle rotorového vinutí :
 - Kroužkový motor
 - Motor nakrátko
2. Podle statorového vinutí:
 - Jednofázový motor
 - Trojfázový motor

Kroužkový motor: Kroužkový motor má počátek rotorového vinutí vyvedeny tři kroužky, které jsou umístěny na hřídeli a dosedají na ně kartáče. Tyto kartáče nám umožňují zařadit vhodný odpor a tím se zmenší záběrový proud v motoru nebo otáčky. To způsobí zvětšení záběrového momentu.

Motor nakrátko: U motoru nakrátko je rotorové vinutí trvale zapojeno nakrátko. Vinutí je zhotoveno dvěma vodivými kruhy, které jsou spojeny masivními magnetickými tyčemi.



OBR. 10. – ROTOROVÉ VINUTÍ U MOTORU NAKRÁTKO

Motor s dvojitou klecí: U tohoto motoru se na rotoru nacházejí dvě samostatné klece. Jedné říkáme rozběhová klec a ta má velký činný odpor a malou indukční reaktanci. Tato klec se uplatňuje při rozběhu. Druhá klec, tzv. vnitřní, má naopak malý činný odpor a indukční reaktance je při rozběhu velká. Tento motor je využíván tam, kde je potřeba časté spouštění s požadavkem na velký záběrový moment.

Motor s vírovou klecí: Na rotoru se je umístěna klec z vysokých úzkých klecí, takže drážky poměrně hluboké. Z toho plynou i vlastnosti klece. Činné odpory vodičů jsou stejné, ale indukční reaktance je úměrná hloubce uložení tyče v drážce. Z této konstrukce vyplývá, že největší proud prochází horní částí tyče. Jak vzrůstají otáčky, tak dochází k omezování tohoto jevu a při plném běhu je proud rozložen do celého průřezu tyče. Tento motor má stejné vlastnosti jako předchozí typ, jen je konstrukčně jednodušší.

4.1 Jednofázové asynchronní motory

Jednofázové asynchronní motorky se většinou připojují na jednofázovou síť 230V. V domácnostech většinou nacházejí uplatnění u ventilátoru, čerpadel, praček apod. , všude tam, kde není k dispozici trojfázová síť. Jejich použití je limitováno výkonem asi 1500 W. Problémem bylo, že jednofázová síť nedokáže vytvořit točivé elektromagnetické pole v motoru, a proto je u těchto motorů hlavním problémem jejich rozběh ve správném směru otáčení. V minulosti proto vznikla celá řada principů jak tento problém vyřešit. Hlavně šlo o to, jak dosáhnout potřebného záběrového momentu pro rozběh.

Řešením problému je zmenšit nároky na rozběhový moment. Podle způsobu, jakým je zajištěn rozběh, lze dnes jednofázové asynchronní motory rozdělit do čtyř hlavních skupin, které také určují jejich vlastnosti a tedy i použití.

4.2 Popis jednotlivých konstrukcí rozběhu

1. Asynchronní motory s tzv. stíněným pólem. Jsou to indukční motory s rotorem nakrátko a s vyniklými póly na statoru. Část magnetického toku v mezeře mezi pólovými nástavci je prostorově posunuta proti toku pomocí jednoho nebo několika závitů nakrátko. Tím vznikne eliptické točivé pole, které roztočí motor. Tyto motory mají jeden smysl otáčení.
2. Asynchronní motory s pomocným odporovým vinutím (fáze). U těchto motorů je kromě hlavního vinutí na statoru ještě pomocné vinutí se zvětšeným odporem, které se po rozběhu motoru odpojí odstředivým, časovým nebo proudovým spínačem. Nehodí se tam, kde se požaduje velký moment při všech rychlostech otáčení nebo tam, kde dochází k přetížení.
3. Asynchronní motory s kondenzátorem v rozběhovém vinutí. Tyto motory mají velmi dobrý záběrový moment. Pomocná fáze s kondenzátorem je připojena pomocí vypínače a trvá zde také nebezpečí přehřátí vinutí při přetížení. Pro tento druh rozběhu se používají speciální elektrolytické kondenzátory na střídavý proud s kapacitou 100 μ F a větší, které jsou určeny pouze pro krátkodobý provoz.
4. Asynchronní motory s trvale připojeným kondenzátorem bez vypínače. Více o těchto motorech bude zmíněno níže.

5. Vlastní realizace

5.1 Popis zařízení

Otočný karusel je umístěn na stojanu, který umožňuje manuální pohyb v horizontální rovině. V zadní části karuselu je umístěn motorek, který slouží k změně pozice karuselu.



OBR. 11. – CELKOVÝ POHLED NA OTOČNÝ KARUSEL

Dále se na vnitřním obvodu karuselu nachází 24 mikrospínačů (111SM1 – T), z kterých je vyvedeno 50 vývodů. Mikrospínače jsou vzájemně propojeny. Každý mikrospínač odpovídá jedné pozici na karuselu. Pokud se karusel v této pozici nachází je mikrospínač mechanicky sepnut pomocí kovového kolečka, které je napevno umístěno v ose rotace.

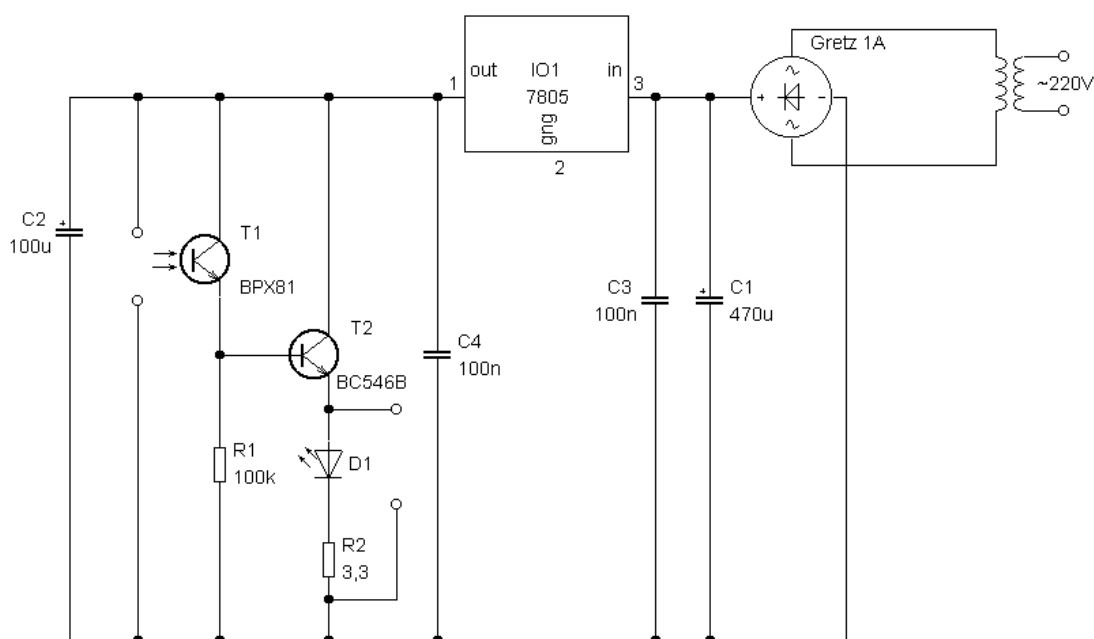
Posledním elektrickým zařízením umístěným na karuselu je elektricky ovládaná mechanická západka. Západka zapadá do zářezek, které mají profil písmene V a tak fixuje celý karusel. Západka je napájena stejnosměrným napětím o hodnotě 24V a proud protékající západkou má hodnotu 0,85A.

Další text bude věnován popisu realizace a fungování jednotlivých částí měřícího zařízení

5.2 Nulová poloha

Nejdříve bylo uvažováno s realizací nulové polohy pomocí světelné závory. V karuselu by se na vybraném místě vyvrtala díra, kterou by mohlo procházet světlo z led diody a osvětlovat fototranzistor. Fototranzistor by se stal průchodným a tím by mikroprocesor 2051 získal signál (log. 1), že se karusel nachází v nulové poloze.

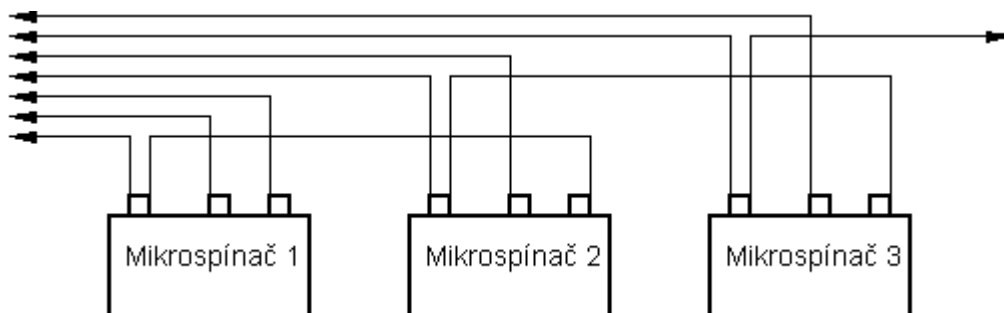
Toto řešení zůstalo ve stadiu návrhu. Nebylo realizováno z důvodů problematického připevnění zařízení ke karuselu a k rušivému jevu, který by vznikl od záření led diody v měřených spektrech. Zde předkládám alespoň pro ukázkou schéma zapojení světelné závory.



OBR. 12. – SCHÉMA ZAPOJENÍ SVĚTELNÉ ZÁVORY

Proto byla nulová poloha nakonec realizována pomocí jednoho z mikrospínačů umístěných po vnitřním obvodu karuselu. Zde je zřejmá výhoda tohoto řešení v podobě absence jakéhokoliv pro nás rušivého záření, odpadá montáž a mikrospínače budou

využívány pro zjišťování aktuální pozice na karuselu, jelikož každý mikrospínač odpovídá jedné pozici na karuselu. To znamená, že je k dispozici 24 pozic a 24 mikrospínačů. Nulový mikrospínač je zvolen náhodně, protože nejsme omezeni žádnými požadavky na nulovou pozici. Mikrospínače jsou mezi sebou vzájemně propojeny. Napájecí vodiče jsou vyvedeny z krajních mikrospínačů.



OBR. 13. – UKÁZKA ZAPOJENÍ MIKROSPÍNAČŮ 111SM1-T

Jak už bylo zmíněno výše, volba mikrospínače pro nulovou polohu byla čistě náhodná. Vývod z tohoto mikrospínače, na kterém se nachází signál pokud je mikrospínač sepnut je přiveden na vstup mikroprocesoru 2051. V momentě, kdy dojde k sepnutí tohoto mikrospínače je signál přenesen na vstup mikroprocesoru a další kroky se řídí podle programu v mikroprocesoru. Dojde k vypnutí napájení motoru, který pohání karusel a ke spuštění západky a tím k zafixování disku karuselu. V této pozici setrvá cele zařízení až do doby kdy je zmáčknuto tlačítko, jenž slouží k posunutí pozice na karuselu.

Ostatních 23 vývodů slouží k určení pozice, v které se karusel nachází. Pokud je příslušný mikrospínač sepnut, rozsvítí se příslušná dioda na ovládacím panelu.

5.3 Motor

Na motoru byl stržený štítek, proto bylo nutné motorek vymontovat a otestovat. Motorek byl napájen pomocí autotransfornátoru. Postupně bylo zvyšováno napětí až do hodnoty napětí, kdy motorek vykazoval přijatelné otáčky a nedocházelo k přehřívání kondenzátoru. Jedná se o jednofázový asynchronní motorek s předřazeným kondenzátorem ($3,5\mu\text{F} \pm 10\%$, $160\text{V}\sim$), který je napájen 60V střídavého napětí. Jak už

bylo řečeno v tomto případě se jedná o motor, který má napevno předřazený kondenzátor. Tento kondenzátor má poměrně malou kapacitu. Rozběhový moment motorku je poměrně malý, ale celková momentová charakteristika i účinnost je lepší než u ostatních jednofázových motorů. Většinou se používají tam, kde se motor rozbíhá bez zatížení. Také není vhodné tyto motory provozovat úplně odlehčené, neboť v takové případě vzniká na kondenzátoru větší napětí než je síťové a hrozí nebezpečí průrazu kondenzátoru. A i v případě, že použijeme kondenzátor na podstatně větší napětí než je napětí sítě, je více namáhána izolace vinutí. Motor je nutno zatížit např. třecími odpory řemenice nebo dynamickým odporem ventilátoru či pily. Kondenzátory volíme podstatně větší než je provozní napětí, zejména pokud motor využíváme všestranněji. Tyto motory jsou oproti ostatním používány ve větší míře. Protože jsou vinutí využívána trvale, lze při správném návrhu dosáhnout u těchto motorů výkonů, přibližujících se výkonům trojfázových motorů podobných rozměrů.

Z hlediska dalšího vývoje a výroby dalších těchto zařízení by bylo vhodné koupit zcela nový motor, jelikož u tohoto je stržen štítek s hodnotami a tudíž se nepodaří nalézt zcela stejný. Což může vést k problémům při výrobě a byl by nutný nový návrh. To však neplatí v tomto případě, jelikož toto měřicí zařízení je experiment, bude vyrobeno pouze jedno a do budoucna se neuvažuje s výrobou stejného stroje.

Pro motor muselo být navinuto nové napájecí trafo. Trafo upravuje síťové napětí 230V na hodnotu 60V a je schopno dodávat proud o hodnotě 0,5A.



OBR. 14. – JEDNOFÁZOVÝ ASYNCHRONNÍ MOTOR

Tab.3. – Naměřené hodnoty proudu při nezatíženém motoru

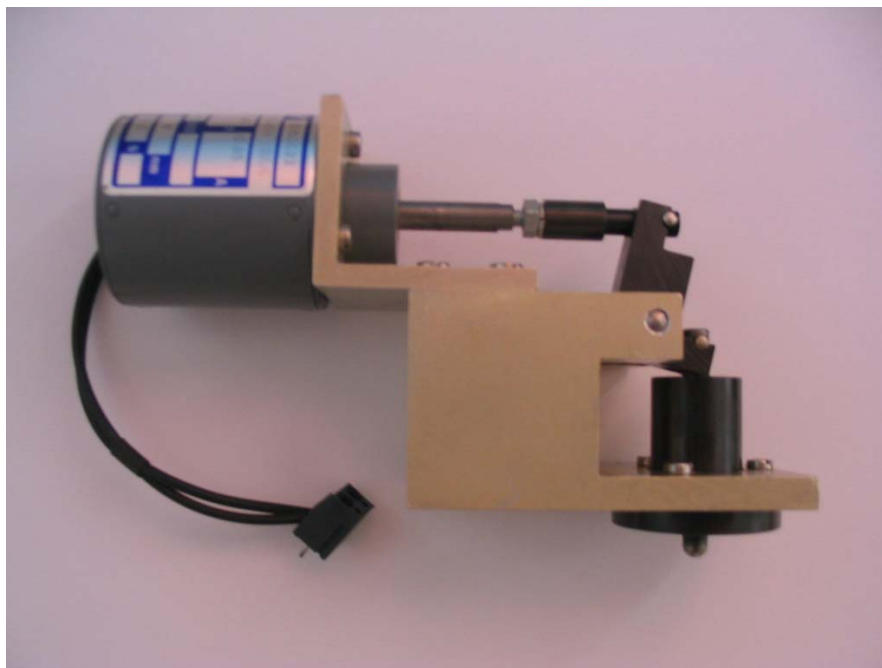
Napětí [V]	Proud [mA]
40	100
50	115
60	138
70	186
80	222

Tab.4. – Naměřené hodnoty proudu při zatíženém motoru

Napětí [V]	Proud [mA]
60	138

5.4 Západka

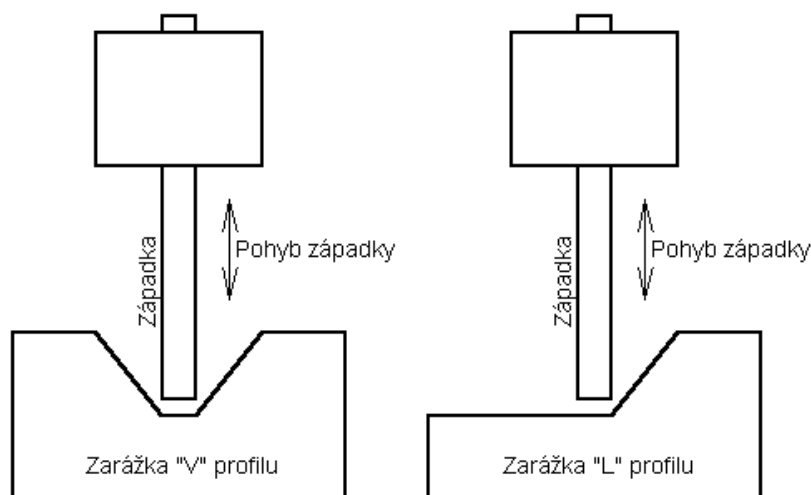
Jedná se o mechanickou západku, která je ovládána elektricky na principu magnetického přitahu. Zdvih činný 8mm. Západka fixuje disk karuselu proti nežádoucímu pohybu.

**OBR. 15. – ELEKTROMECHANICKÁ ZÁPADKA**

To je důležité v měření spekter, kde je potřeba minimalizovat jakékoliv vibrace a posuny, které se můžou negativně projevit ve výsledku naměřených dat. Samo měřicí zařízení bude pevně připevněno ke stojanu.

Západka v podobě kovové tyčky zapadá do fixačního kovové zarážky, která má profil písmene V.

Z počátku práce na zařízení se uvažovalo o zjednodušení ovládání západky tím, že se změní profil zarážky na tvar „L“ a tím se sníží počet nutných pohybů západky. A to tak, že při změně pozice na karuselu dojde pouze k zvednutí západky a následnému spuštění. Tím by se odstranila nutnost zvednutí západky před další zarážkou, která leží na požadované pozici. Pootočení karuselu zpět měl bránit odpor motoru.



OBR. 16. – OBECNÉ SCHÉMA DVOU TYPŮ ZARÁŽEK

Od této varianty se však upustilo z důvodů již výše zmíněné podmínky na 100% fixaci během měření.

5.5 Mikroprocesor

K řízení motorku pohánějícího karusel a západky slouží mikrořadič xx51. Byl zvolen pro svou dostupnost a rozšířenost. Výhodnější by bylo zvolit, jako řídicí jednotku PLC automat a to hlavně vzhledem k možné výrobě dalších zařízení a tím k aplikovatelnosti

programu. Ale jak už bylo řečeno, zařízení bude pouze jedno a tak mikrořadič xx51 vychází cenově přijatelněji. Konkrétně se jedná o mikrořadič Atmel AT89C2051.

5.6 Návrh ovládacího plošného spoje

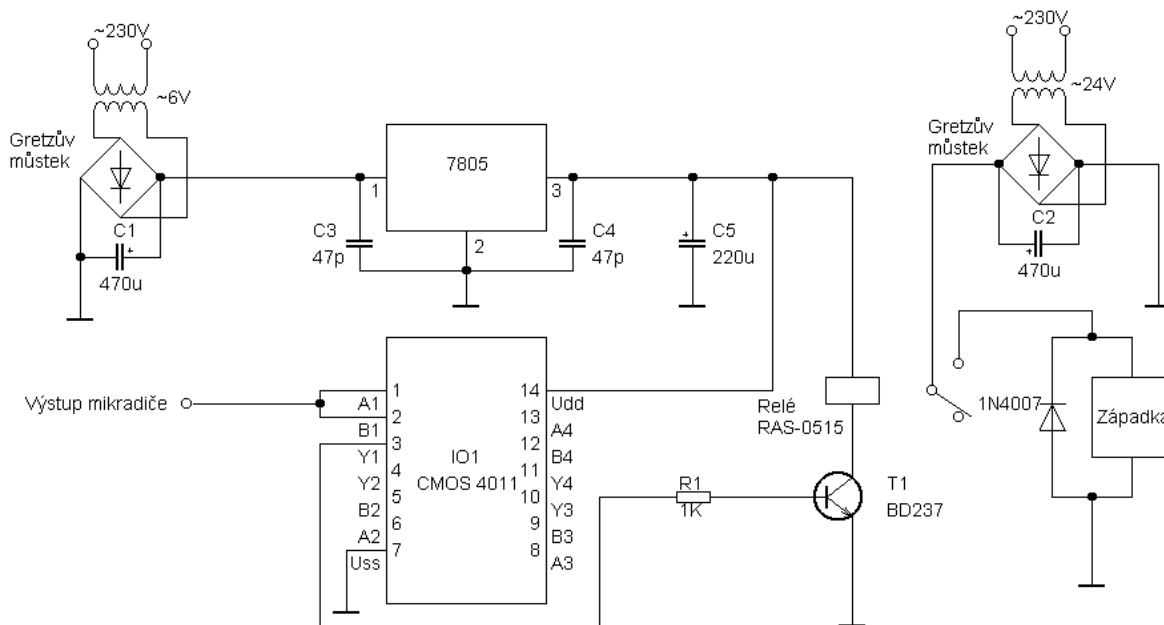
Pro návrh plošného spoje byl použit program Eagle 4.11.

Na plošném spoji ovládacího panelu jsou umístěny diody pro vizualizaci polohy, podsvětlený hlavní vypínač, dioda indikující běh motoru, mikrořadič Atmel 2051, přírodní kabely od mikrospínačů, motoru, západky a od posunovacího spínače a jako poslední transformátory pro napájení systému.

5.6.1 Zapojení obvodů ovládajících západku

Nejdříve se budeme zabývat ovládáním západky. Vzhledem k tomu, že západka je napájena stejnosměrným napětím lze pro spínání využít výkonový tranzistor s přechodem NPN. Báze tranzistoru je připojena na výstup hradla, které slouží k negaci hodnoty na výstupu mikrořadiče. Hradlo je napájeno stejnosměrným napětím o hodnotě +5V. Tato hodnota je docílena použitím obvodu 7805, který je napájen z 6V zdroje. Zároveň jsou u obvodu zapojeny 7805 dva blokovací kondenzátory o hodnotě 47pF a vyhlazovací kondenzátor 220μF. Jako usměrňovač je použit 3A Gretzův můstek, ke kterému je připojen vyhlazovací elektrolytický kondenzátor C1 o hodnotě 470μF. Jako spínací tranzistor byl zvolen BD 237, protože jeho hodnoty jsou dostačující pro protékající proud a napětí. Pokud tedy na výstup mikroprocesoru přijde požadavek o zvednutí západky, na bázi tranzistoru je přiveden spínací proud. Ten je na tranzistor přiveden přes hradlo, které neguje hodnotu na výstupu mikrořadiče 2051, protože při zapnutí jsou všechny vstupně/výstupní porty v log. 1 (+5V). Po přijetí požadavku se tedy výstup překlápí do log. 0 a je nutné provést negaci tohoto signálu. Po té dojde k sepnutí tranzistoru a tím k sepnutí relé. Tím je západka napájena stejnosměrným napětím o hodnotě 24V a dojde k zvednutí západky. Paralelně k vinutí relé zapojena usměrňovací jednoampérová dioda, která má za úkol eliminaci špiček vznikajících na relé. Tento stav trvá do té doby, než je na vstup mikrořadiče poslán požadavek o

spuštění západky. Výstup mikrořadiče se vrátí do hodnoty log. 1 (+5V). Proud do báze je přerušen a tranzistor se uzavře a tím se přeruší dodávka napájecího napětí do západky, která klesne do původní pozice.

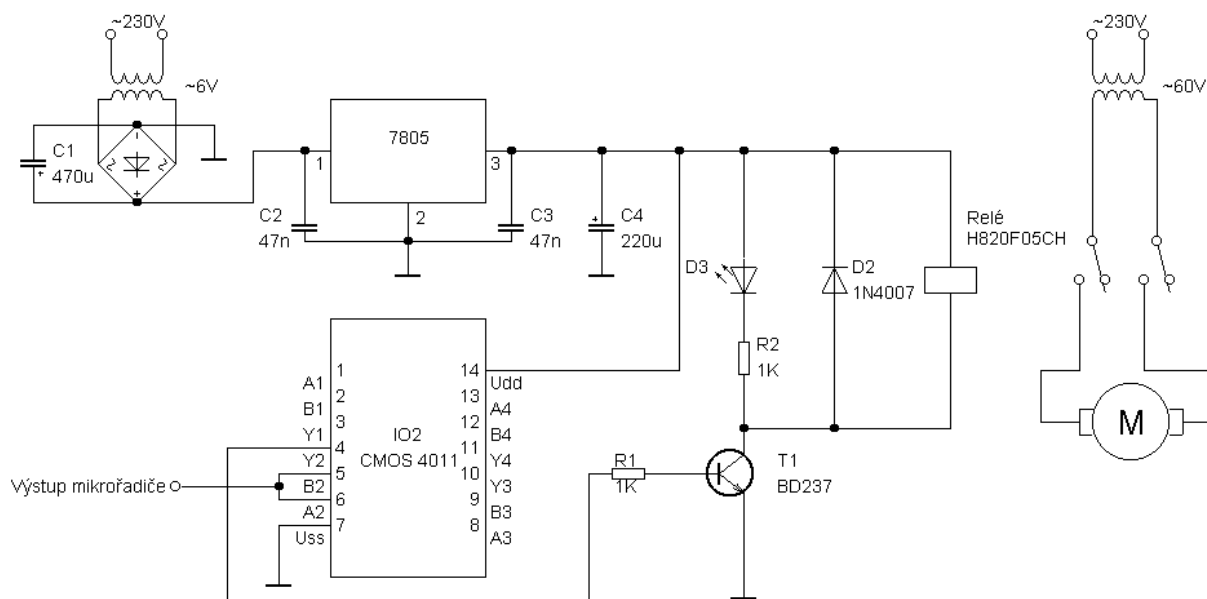


OBR. 17. – SCHÉMA ZAPOJENÍ ZÁPADKY

5.6.2 Zapojení motoru a jeho spouštění

Jako nejjednodušším řešením spouštění motoru, který zajišťuje změnu polohy karuselu se nabízí řešení pomocí spínacího relé. Pro spínání napájení relátka je využívám výkonový tranzistor BD237. Báze tranzistoru je přes odpor připojena k hradlu, které slouží k negaci stavu na výstupu mikrořadiče. Při zapnutí se totiž všechny vstupně/výstupní porty mikrořadiče 2051 nacházejí v log. 1 (+5V). Po přijetí požadavku na spuštění motoru je na výstup mikrořadiče přivedena nula, poté dojde k negaci této hodnoty a následnému sepnutí tranzistoru. Po sepnutí tranzistoru dojde k napájení relé, které sepne a tím je přivedeno napájení na motor. Dále po sepnutí tranzistoru dojde k rozsvícení diody indikující běh motoru. Paralelně k vinutí relé zapojena usměrňovací jednoampérová dioda, která má za úkol eliminaci špiček vznikajících na relé. Napětí je usměrňováno jednoampérovým Gretzovým můstkem, ke kterému je připojen

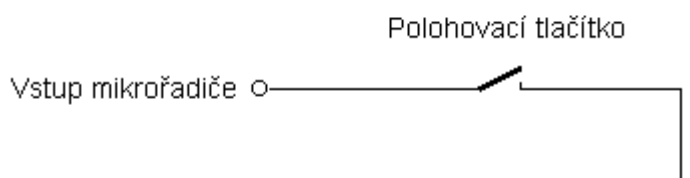
elektrolytický vyhlazovací kondenzátor o hodnotě **470μF**. Pro napájení motoru je použit transformátor upravující 230V na 60V.



OBR. 18. – SCHÉMA ZAPOJENÍ OVLÁDACÍ ČÁSTI MOTORU

5.6.3 Zapojení posunovacího spínače

Spínač je zapojen přímo na vstup mikrořadiče, který po sepnutí uzemní. Jakmile se na vstupu mikrořadiče změní logická úroveň jsou provedeny příslušné kroky v obslužném programu. Pro možnost vzniku zákmitů při stisku tlačítka je třeba tento vstup ošetřit. Ošetření je provedeno softwarově. Program začne provádět příslušné operace, až je tlačítko uvolněno.



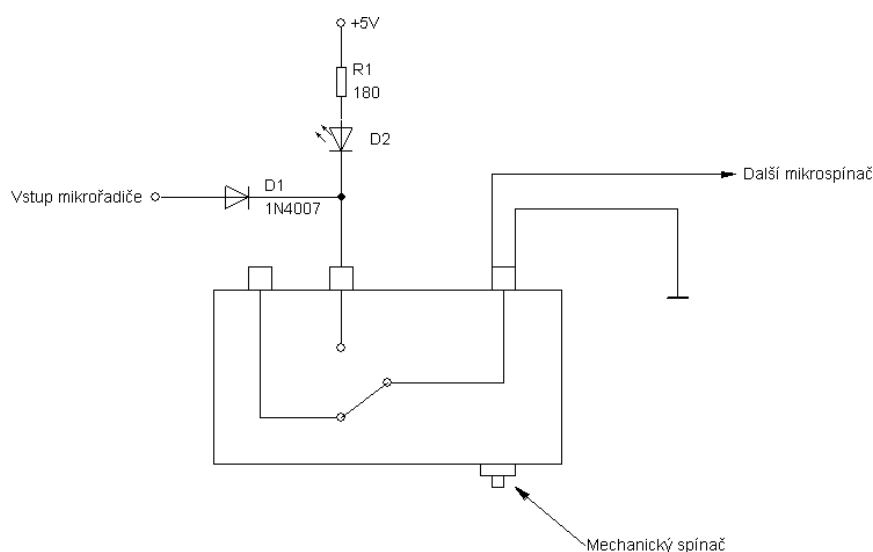
OBR. 19. – ZAPOJENÍ POSUNOVACÍHO SPÍNAČE

5.6.4 Zapojení mikrospínačů na vnitřním odvodu karuselu

Na vnitřním obvodu karuselu se nachází 24 mikrospínačů, které jsou využívány pro identifikaci polohy v níž se karusel nachází. Mikrospínače jsou spínány mechanicky pomocí kovového kolečka, které je pevně spojeno s otočnou částí karuselu. Mikrospínače jsou umístěny na statické části karuselu. Pro řešení tohoto problému bylo nutné změnit zapojení přívodních kabelů, které byly zapojeny viz. Obr.13. na zapojení znázorněné na obrázku Obr. 20. Jeden je zvolen jako nulový a při jeho sepnutí je indikováno, že se karusel nachází v nulové poloze. Identifikace polohy je zobrazována pomocí led diod. Led diodám je předřazen odpor o velikosti 330Ω (žluté se zvýšenou svítivostí), 150Ω (zelená) a 180Ω (červená). Odpory byly spočítány podle vzorce

$$R = \frac{U - U_D}{I_D} = \frac{5 - 1,65}{20 \cdot 10^{-3}} = 167,5\Omega \approx 180\Omega \quad (4)$$

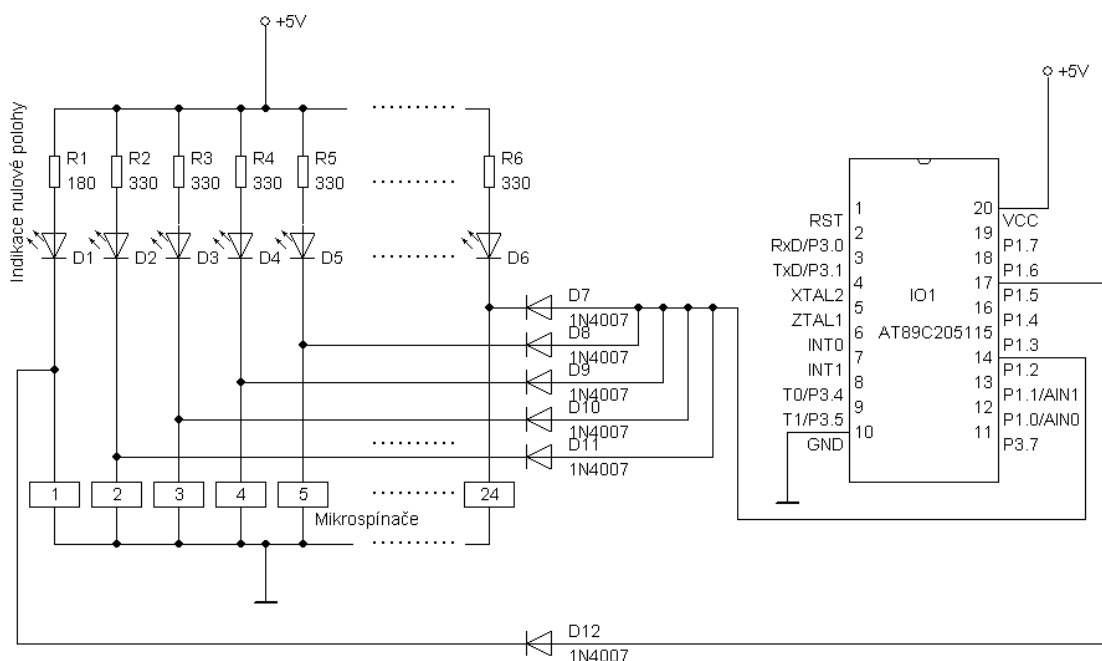
Diody jsou napájeny stejnosměrným napětím o hodnotě $+5V$. Třiadvacet mikrospínačů je spojeno na jeden vývod, protože vizualizace polohy je řešena ještě před napojením na vstup mikrořadiče.



OBR. 20. – VNITŘNÍ ZAPOJENÍ MIKROSPÍNAČE S ZAPOJENÍM VNEJŠÍCH VSTUPŮ

Na tomto vstupu nemusíme rozlišovat, ze kterého mikrospínače signál přišel. Jeden mikrospínač zapojíme na samostatný vstup mikrořadiče a to je již zmíněný nulový mikrospínač. Zde potřebujeme signál odlišit, proto je zapojen na jiný vstup mikrořadiče. Odlišnou barvu má i led dioda, která indikuje nulovou polohu a to červenou. Ostatní diody jsou číré a svítí oranžovým světlem. Celé zapojení funguje tak, že po sepnutí mikrospínače je příslušná dioda propojena na zem a začne svítit a vstup mikrořadiče 2051 je připojen na zem a tím se změní jeho hodnota na log. 0 (0V), protože po resetu jsou standardně vstupy nastaveny na log. 1 (+5V). Poté mikrořadič začne provádět příslušné operace.

Mezi vstupem mikrořadiče a připojením k mikrospínači se nachází usměrňovací dioda, která zabráňuje spojení zemí po sepnutí mikrospínače a tím rozsvícení všech diod, když má svítit pouze jedna.

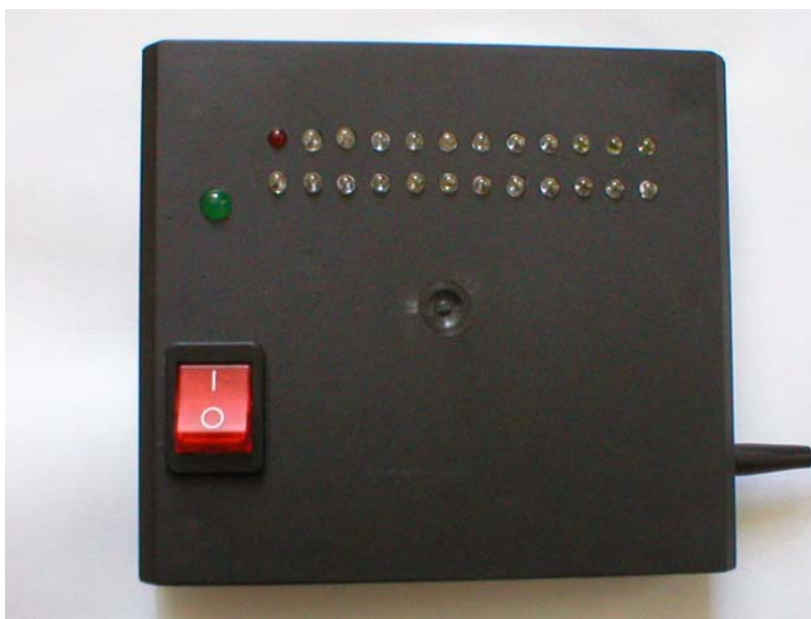


OBR. 21. – ZAPOJENÍ MIKROSPÍNAČŮ S VIZUALIZACÍ POZICE POMOCÍ LED DIOD

5.6.5 Kompletní zapojení s mikrořadičem 2051

V předchozích odstavcích byly probrány jednotlivá zapojení ovládacích prvků. Ty jsou v konečném provedení zapojeny na jednom plošném spoji. Celé zapojení zastřešuje a

řídí mikrořadič 2051. Funkce programu v mikrořadiči 2051 je popsána v následujícím odstavci. Mimo hlavní plošný spoj je vyvedeno pouze posunovací spínač a to z důvodů lepší ovladatelnosti a zjednodušení práce se zařízením. Pro napájení jsou použity dva transformátory. Jeden transformátor je 12V a druhý 24V. První transformátor je použit pro napájení mikrořadiče 2051, led diod, které indikují číslo polohy a dioda indikující běh motoru. Relé pro spínání napájení motoru a západky jsou napájena napětím o hodnotě 6V ze samostatného trafo. Kompletní schéma zapojení je uvedeno v příloze.



OBR. 22. – PŘEDNÍ PANEL OVLÁDACÍHO A VIZUALIZAČNÍHO OBVODU

Funkce zapojení :

- Pokud není po zapnutí signál od nulového mikrospínače v log. 1, dojde k sepnutí tranzistoru ovládajícího relé spínající napájení západky.
- Následně dojde k sepnutí tranzistoru ovládající relé spínající napájení motoru a dojde k rozsvícení led diody indikující běh motoru.
- Motor běží a západka je zvednuta do té doby než je signál od nulového spínače v log. 0. Pak dojde k zastavení motoru, spuštění západky a rozsvícením diody indikující nulovou polohu.
- Zařízení je teď v klidu a čeká na sepnutí posunovacího spínače.
- Jestliže je přijata žádost o změnu polohy, dojde opět k zvednutí západky a spuštění motoru. Pokud je přijat signál od následujícího mikrospínače, jsou

rozepnuty tranzistory spínající relé. Následně dojde k rozeznutí relé spínajících napájecí napětí motoru a západky, čímž se zastaví motor a západka zafixuje karusel. Dále je zhasnuta dioda indikující běh motoru. Zařízení se teď nachází v klidu a je možno zahájit měření. Na hlavním panelu je aktuální poloha indikována svitem příslušné diody.



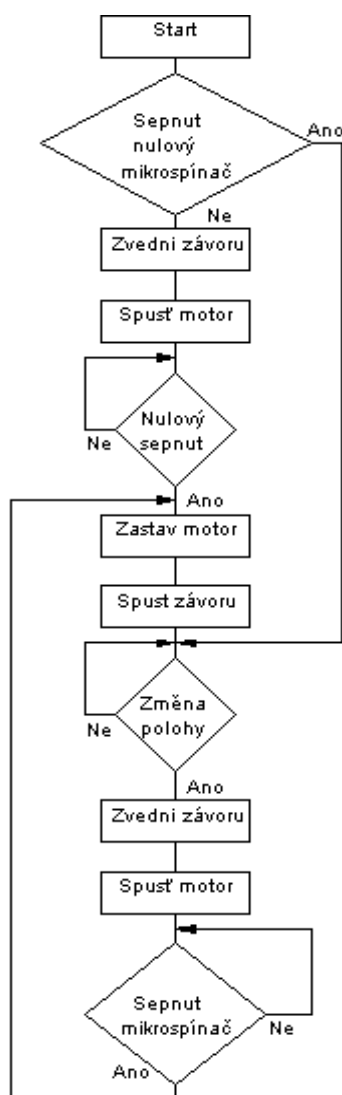
OBR. 23. – POLOHOVACÍ TLAČÍTKO

5.7 Program pro mikrořadič 2051

Program byl napsán v programovacím jazyku assembler. Překlad byl realizován pomocí programu Asm51. Tento program případně označí řádky, na kterých se nacházejí chyby. K simulování a odladění programu správné funkce byl použit program Sim51Eng, který byl vyvinut pro mikroprocesory 8051, ale lze ho použít i pro mikrořadič 2051. Program umožňuje nastavování paměti nebo registrů a jejich sledování. Všechny tyto programy jsou freeware. Kompletní zdrojový kód programu se nachází v příloze. Na začátku programu je potřeba napsat \$MODxx51, to nám volí procesor pro který je proveden překlad. Pokud je zvolen výše uvedený příkaz, máme jistotu, že program bude využitelný pro mikrořadiče AT89Cxx51.

Funkce programu : Po zapnutí zkontroluj, jestli je sepnut nulový mikrospínač. Pokud ano, čekej na stisk polohovacího tlačítka, jestliže není sepnut, zvedni západku a spusť motor. V tomto stavu setrvej do doby,

než je nulový mikrospínač sepnut. Po té vyčkej, než bude sepnut polohovací spínač. Jestliže je sepnut, zvedni západku a spusť motor. V tomto stavu setrvej do té doby, než je sepnut mikrospínač na další pozici.

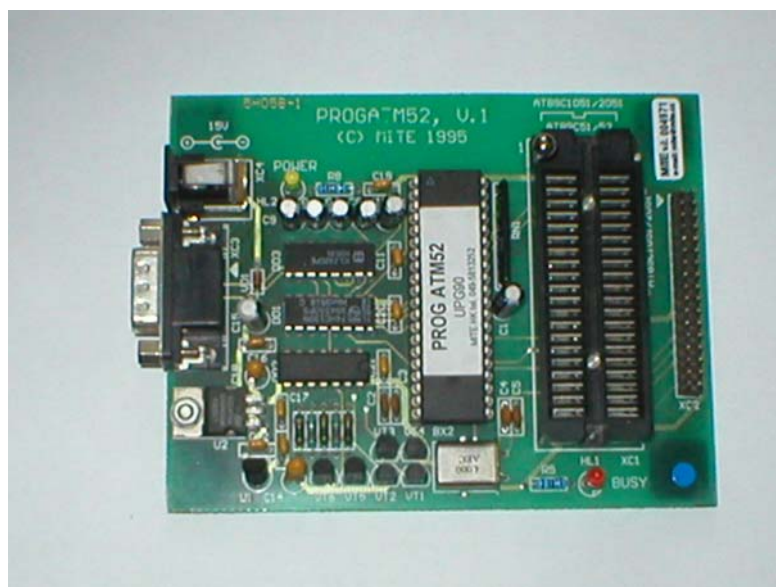


OBR. 24. – VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROGRAMU PRO MIKROŘADIČ 2051

5.7.1 Programování mikrořadiče 2051

K programování mikrořadiče byl využíván programátor ATM52 od firmy MITE. Tento model se připojuje na standardní sériový port a samostatné vlastní napájení. Celý programátor je umístěn na jedné desce plošného spoje. Mezi hlavní části programátoru patří připojovací konektor sériové komunikační linky, patice pro programovatelné mikrokontroléry a rozsahem od 8pin až do 40pin DIP a konektor propřípojení síťového

adaptéru. Programátor také umožňuje programování obvodů, které jsou již zapájené na aplikační desce. Programové vybavení umožňuje pracovat s pamětmi EPROM, EEPROM, sériovými pamětmi EPROM/EEPROM, BROM, mikrokontroléry a logickými poli. Uživatel si vybírá typ součástky. Kromě toho má uživatel pochopitelně možnost nastavit parametry programování podle svého uvážení. Programové vybavení je spouštěno pod Dosem. V současné době se jedná už o zastaralý typ, který se nevyrábí.



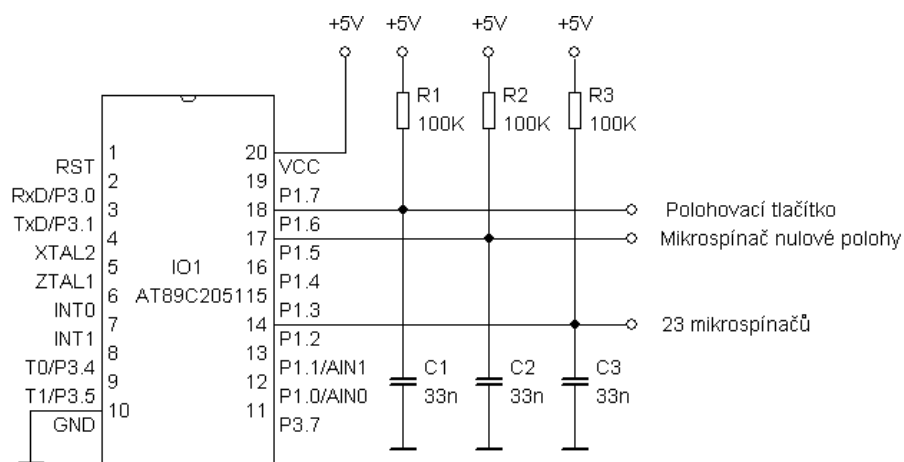
OBR. 25. – PROGRAMÁTOR ATM52

5. Rušení elektromagnetickým polem

Konečná realizace celého ovládacího a řídicího obvodu, přinesla problém v podobě poměrně silného elektromagnetického rušení. Toto rušení vznikalo při spínání motoru a elektromechanické západky. Vznikající napěťové špičky byly natolik vysoké, že docházelo k resetování mikrořadiče AT89C2051 a tím k nevypočitatelnému chování celého obvodu.

Po nesprávné funkci řídicího obvodu byl celý řídicí obvod zapojen znovu (bez připojeného motoru a elektromechanické západky) , aby byla ověřena jeho správná funkce. Po ověření správné funkce následovalo připojení pohonu bez připojené západky. Už pouhé spínání motoru způsobovalo, natolik velké rušivé vlivy, že mikrořadič nebyl schopen správné funkce. To samé bylo zopakováno pro elektromechanickou západku s obdobným výsledkem.

Prvním řešením bylo přidání blokovacích kondenzátorů na přívod napájecího napětí motoru a i samotného mikrořadiče a umístění Zeyerovi diody k resetovacímu obvodu. Toto řešení se při následném zkoušení projevilo jako nedostačující. Rušení bylo v části utlumeno, ale stále bylo natolik silné, že rušilo řídicí mikroprocesor. Po zapojení blokovacích obvodů se rušení projevilo v poměrně dlouhých přívodních kabelech od mikrospínačů umístěných na vnitřním obvodu karuselu. U těchto vstupů byly použity také blokovací kondenzátory, ale bylo také nutné přidat ještě odpory, které jsou připojeny na +5V. A to z toho důvodu, že jinak by byl vstup uzemněn přes blokovací kondenzátor a tím by docházelo k nesprávné funkci programu umístěného v mikrořadiči. Na síťový vodič napájecí trafo, které slouží k napájení motoru byl umístěn ještě odrušovací filtr. Toto řešení se ukázalo jako konečné a dostačující na potlačení elektromagnetického rušení vznikajícího při spínání motoru a elektromechanické západky.



OBR. 26. – ZAPOJENÍ VSTUPŮ MIKROŘADIČE PRO ELIMINACI RUŠENÍ ELEKTROMAGNETICKÝM POLEM

6. Závěr

Hlavním cílem diplomové práce byla realizace řídicího a ovládacího obvodu, který bude zajišťovat změnu polohy otočného karuselu a vizualizaci dosažené polohy.

V úvodu diplomové práce bylo provedeno základní rozdělení a principy funkce spektrofotometrů. Jsou zde popsány jednotlivé metody, části spektrofotometrů a použití spektrofotometrů v praxi.

Jádrem řídicího obvodu ovládající posun karusel byl zvolen mikrořadič od firmy Atmel AT89C2051. Pro mikrořadič byl vytvořen program zajišťující požadovanou funkci zařízení. Bylo také realizováno napájení ovládacího obvodu, elektromechanické západky fixující karusel v dané poloze a napájení motoru, který zajišťuje pohyb otočného karuselu.

Pro vizualizaci polohy byly použity led diody napojené na mikrospínače nacházející se na vnitřním obvodu karuselu.

V průběhu realizace se projevovalo rušivé elektromagnetické pole, které vznikalo spínáním motoru a západky. V obvodu vznikaly napěťové špičky, které měly za následek resetování mikrořadiče a následnou špatnou funkci celého zařízení. Pro eliminaci tohoto rušení bylo nutné upravit zapojení.

Od realizace softwaru načítajícího data ze spektrofotometru bylo opuštěno z důvodů nedostupnosti informací o používaném spektrofotometru a neochotě příslušné firmy tyto informace sdělit. Tato firma, totiž dodává k zakoupeným spektrofotometrům vlastní komerční software.

Dalším pokračováním této diplomové práce by mohla být realizace více automatizovaného zařízení.

7. Literatura

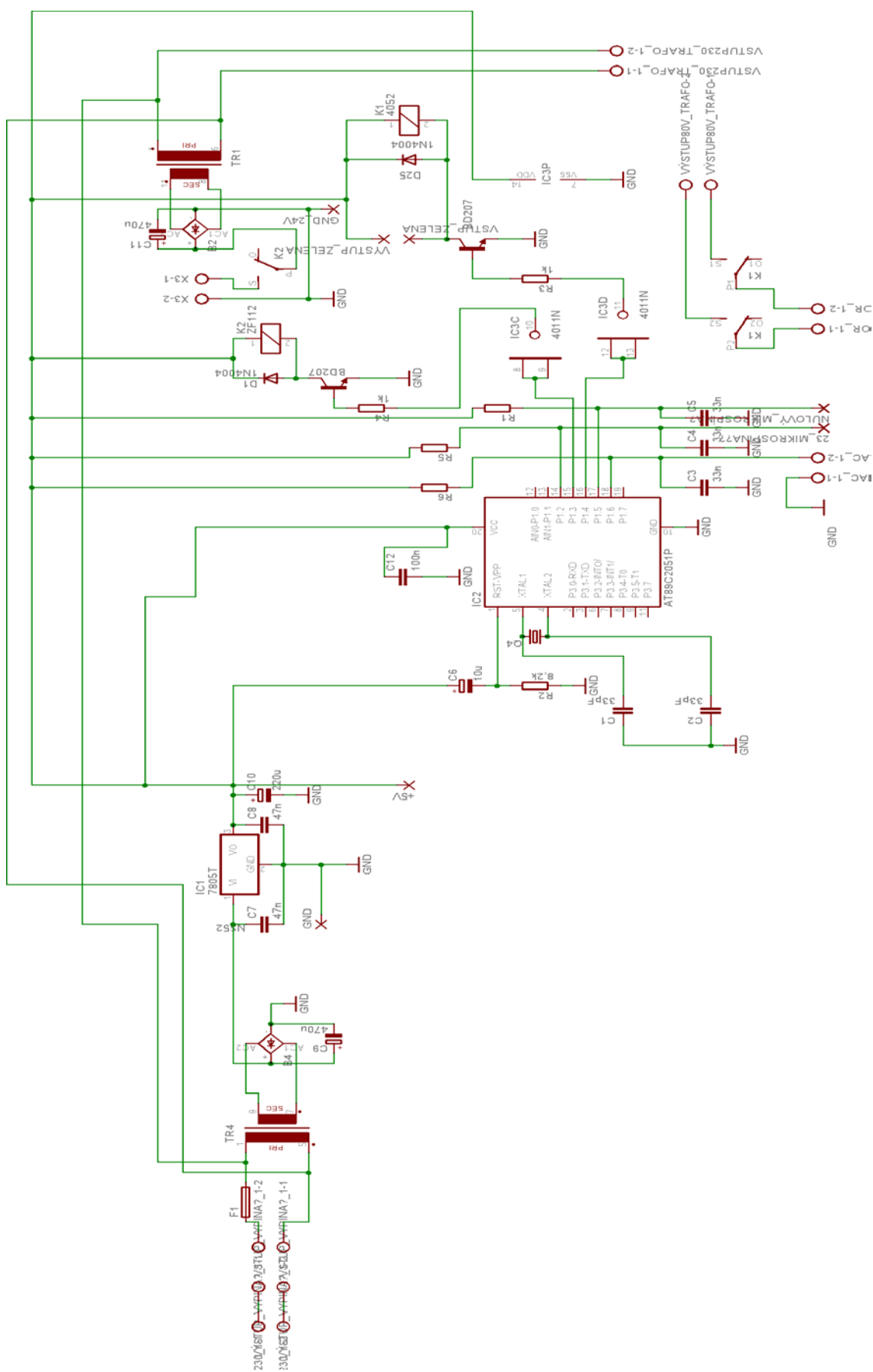
- [1] Matoušek D.: Práce s mikrokontroléry Atmel, BEN – technická literatura Praha, 2002.
- [2] www.atmel.com, www stránky společnosti Atmel
- [3] Skalický P.: Mikroprocesory řady 8051, BEN – technická literatura Praha, 2002.
- [4] Vacek V.: Učebnice programování ATMEL s jádrem 8051, BEN – technická literatura Praha, 2002.
- [5] Ručka M.: Elektromotory a generátory v praxi, Amatérské radio, 1992
- [6] <http://www.muweb.cz/www/moelfa/DCM.htm>, www stránky o řízení stejnosměrných motorů mikroprocesory
- [7] Jakubaschk H.: Příručka pro amatéry elektroniky, SNTL, 1970
- [8] Hrázský J., Andrle H.: Kurz elektronických obvodů pro průmyslovou automatiku, SNTL, 1976
- [9] www.oceanoptics.com, www stránky výrobce spektrofotometrů
- [10] Fronc V., Klůčik J.: Mikrokontroléry Atmel s jádrem 8051, BEN – technická literatura Praha, 2002

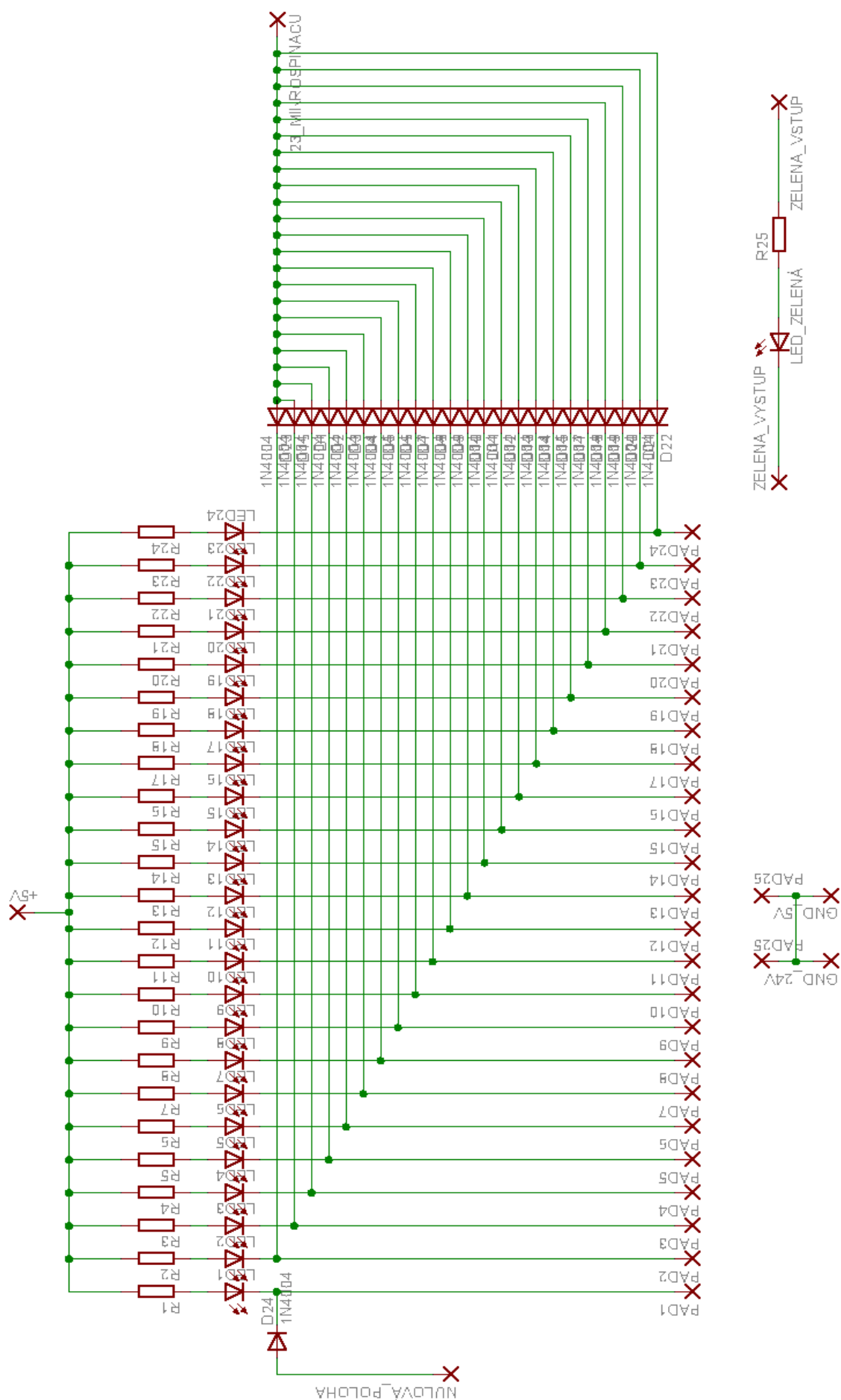
Seznam obrázků a tabulek

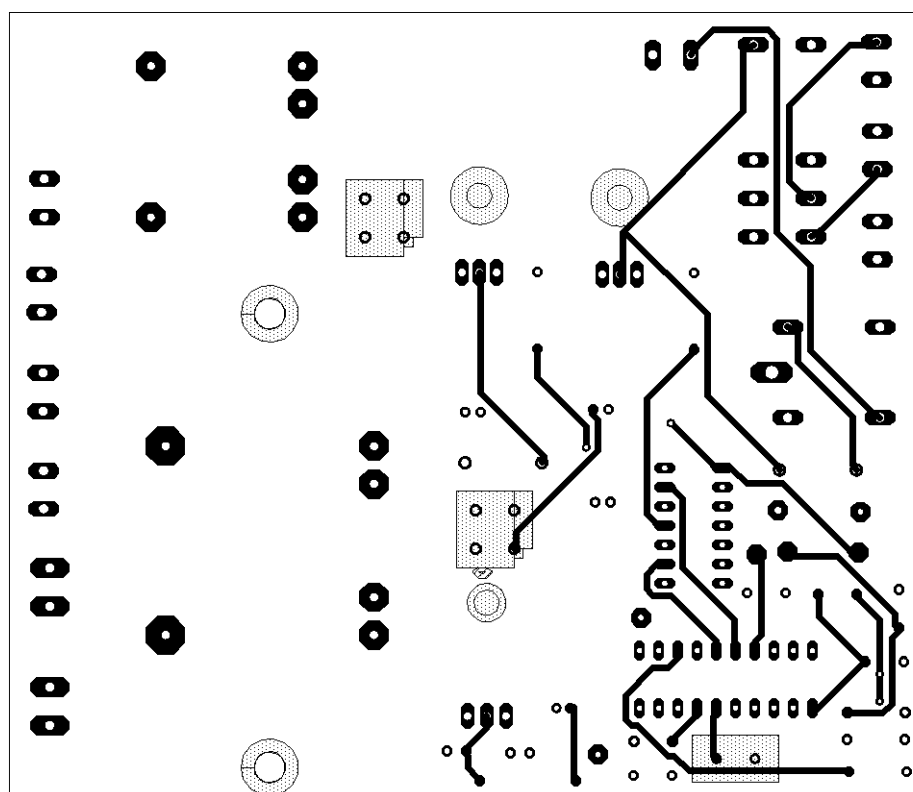
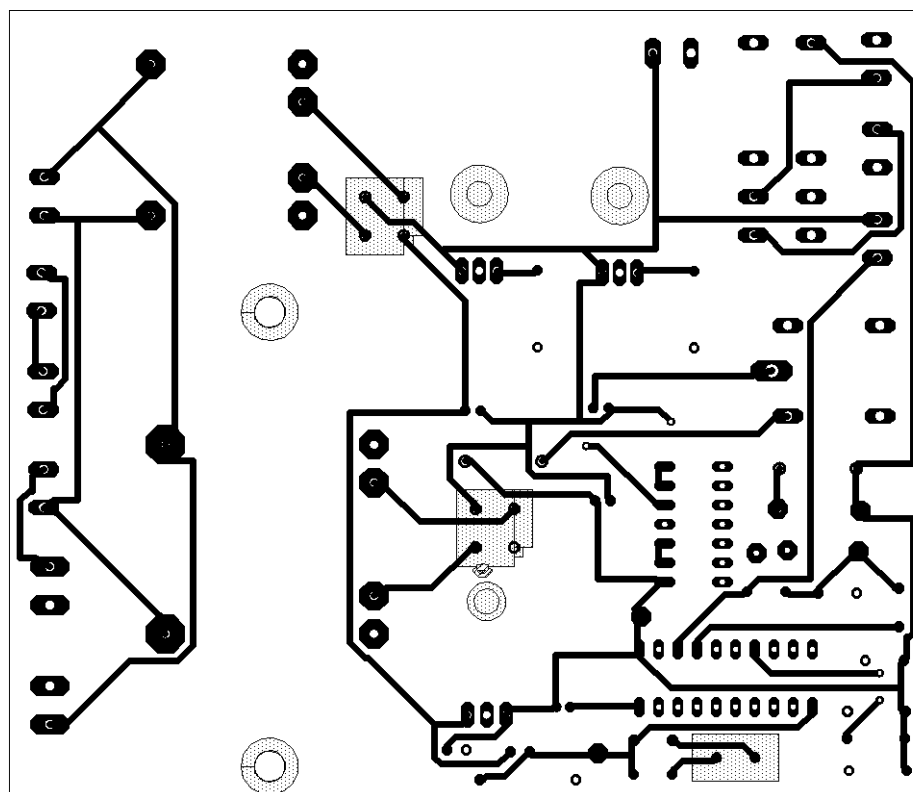
OBR. 1. – KOMPLETNÍ ZAŘÍZENÍ S PŘÍSLUŠNÝMI SNÍMAČI	9
OBR. 2. – SPEKTROMETR USB2000	13
OBR. 3. – BLOKOVÉ SCHÉMA MIKROPROCESORU 8051	14
OBR. 4. - UMÍSTĚNÍ VÝVODŮ MIKROŘADIČE AT89Cxx51 v POUZDRU DIP 20.....	16
OBR. 5. – ZPŮSOBY SYNCHRONIZACE 2051 - A) POMOCÍ KRYSTALU, B) VNĚJŠÍ ZDROJ TAKTOVACÍHO KMITOČTU	16
OBR. 6. – ZAPOJENÍ VSTUPU RST/UPP	18
OBR. 7. – BLOKOVÉ SCHÉMA XX51	19
OBR. 8. – VNITŘNÍ ZAPOJENÍ JEDNOHO BITU PORTU P1/P3	20
OBR. 9. – PROGRAMOVÁNÍ FLASH.....	22
OBR. 10. – ROTOROVÉ VINUTÍ U MOTORU NAKRÁTKO.....	23
OBR. 11. – CELKOVÝ POHLED NA OTOČNÝ KARUSEL.....	26
OBR. 12. – SCHÉMA ZAPOJENÍ SVĚTELNÉ ZÁVORY	27
OBR. 13. – UKÁZKA ZAPOJENÍ MIKROSPÍNAČŮ 111SM1-T	28
OBR. 14. – JEDNOFÁZOVÝ ASYNCHRONNÍ MOTOR	29
OBR. 15. – ELEKTROMECHANICKÁ ZÁPADKA	30
OBR. 16. – OBECNÉ SCHÉMA DVOU TYPŮ ZARÁŽEK	31
OBR. 17. – SCHÉMA ZAPOJENÍ ZÁPADKY	33
OBR. 18. – SCHÉMA ZAPOJENÍ OVLÁDACÍ ČÁSTI MOTORU	34
OBR. 19. – ZAPOJENÍ POSUNOVACÍHO SPÍNAČE	34
OBR. 20. – VNITŘNÍ ZAPOJENÍ MIKROSPÍNAČE S ZAPOJENÍM VNEJŠÍCH VSTUPŮ	35
OBR. 21. – ZAPOJENÍ MIKROSPÍNAČŮ S VIZUALIZACÍ POZICE POMOCÍ LED DIOD.....	36
OBR. 22. – PŘEDNÍ PANEL OVLÁDACÍHO A VIZUALIZAČNÍHO OBVODU	37
OBR. 23. – POLOHOVACÍ TLAČÍTKO.....	38
OBR. 24. – VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROGRAMU PRO MIKROŘADIČ 2051	39
OBR. 25. – PROGRAMÁTOR ATM52	40
TAB.1. – VÝZNAM VÝVODŮ PORTU P3	17
TAB.2. – REŽIMY PROGRAMOVÁNÍ FLASH.....	21
TAB.3. – NAMĚŘENÉ HODNOTY PROUDU PŘI NEZATÍŽENÉM MOTORU.....	30
TAB.4. – NAMĚŘENÉ HODNOTY PROUDU PŘI ZATÍŽENÉM MOTORU	30

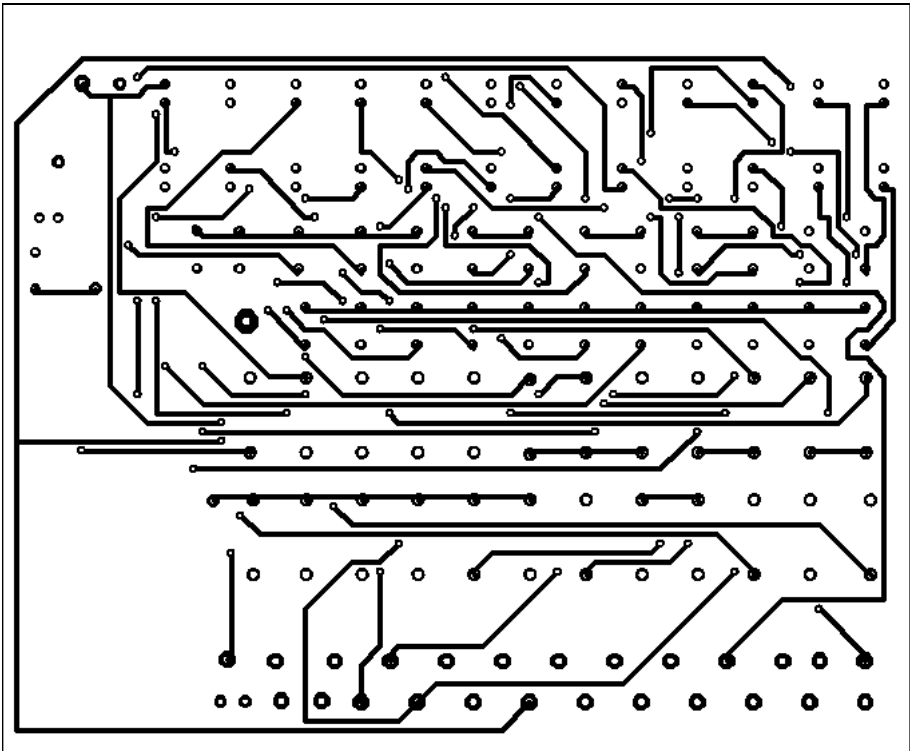
Měřicí zařízení pro speciální spektrofotometr

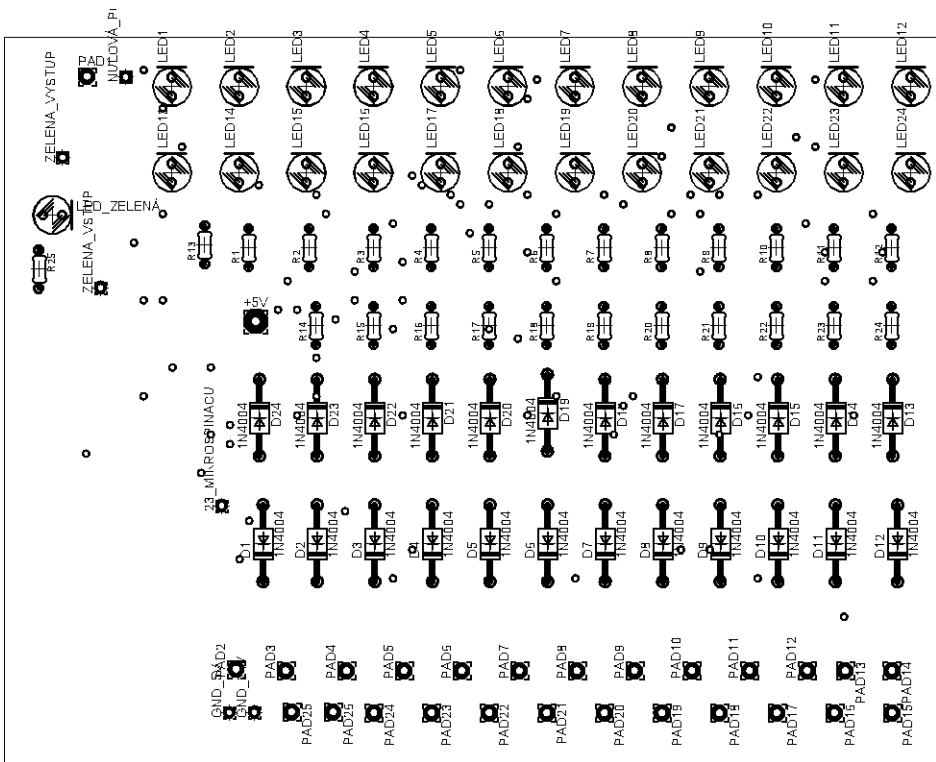
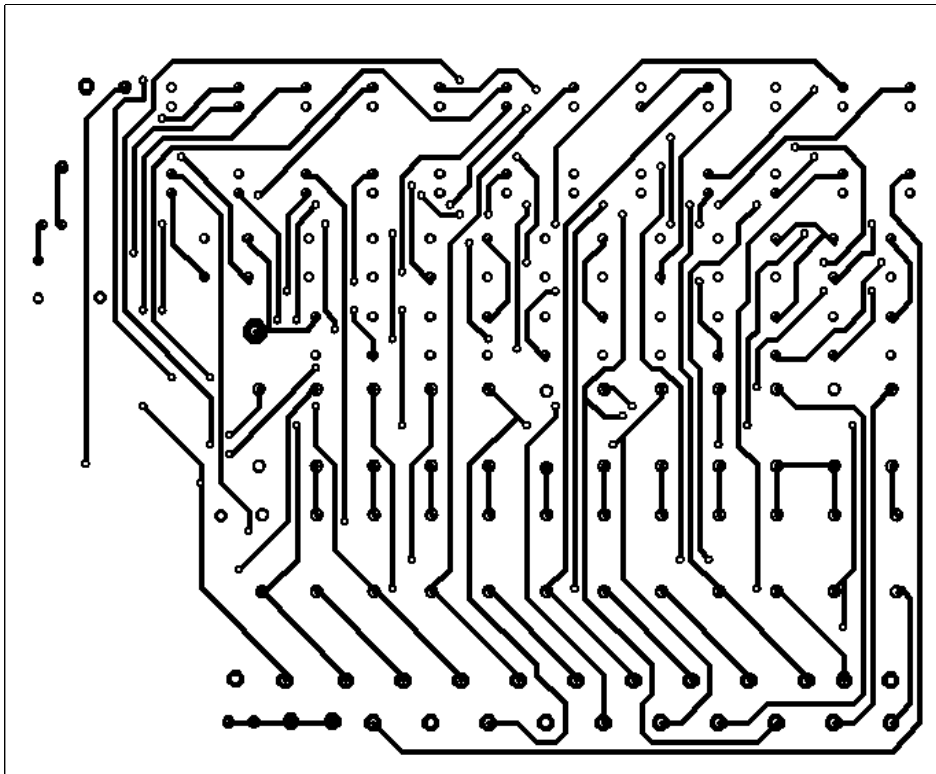
Přílohy diplomové práce





B. Plošné spoje ovládacích obvodů :





C. Zdrojový kód programu pro mikrořadič AT89C2051

\$MODXX51

MIKRO	EQU P1.2	;definování p1.2
ZAVORA	EQU P1.3	;definování p1.3
MOTOR	EQU P1.4	;definování p1.4
NULA	EQU P1.5	;definování p1.5
TLACIEQU	P1.6	;definování p1.6

org 30

setb P1.5

setb P1.6

setb P1.2

start:

jnb NULA,dale1 ;testuje jestli je dosazena nulova poloha

CLR ZAVORA ; p1.3 = 0 ,zverda zavoru

mov r2,#15 ; cekej 1 sekundu

cekej2:

mov r1,#0

cekej1:

mov r0,#0

cekej:

djnz r0,cekej

djnz r1,cekej1

djnz r2,cekej2

motore:

jnb NULA,dale1 ;testuje jestli je dosazena nulova poloha

CLR MOTOR ; p1.4 = 0 , zapni motor

jmp motore

dale1:

SETB MOTOR ; vypne motor p1.4 = 1

SETB ZAVORA ; vypne zavoru p1.3 = 1

loop1:

jnb TLACI,\$;ceka na zmacknuti tlacitka

pust: jb TLACI,\$;ceka na pustení tlacitka

```
dale2:
    CLR ZAVORA                ; zapne zavoru p1.3 = 0

    mov r2,#15                ; cekej 1 sekundu
cekej5:
    mov r1,#0
cekej4:
    mov r0,#0
cekej3:
    djnz r0,cekej3
    djnz r1,cekej4
    djnz r2,cekej5

    CLR MOTOR                ; zapne motor p1.4 = 0

    mov r2,#5                ; cekej
cekej8:
    mov r1,#0
cekej7:
    mov r0,#0
cekej6:
    djnz r0,cekej6
    djnz r1,cekej7
    djnz r2,cekej8

vypni:
    jnb MIKRO,$              ; ceka na 23 mikrospinacu

    SETB MOTOR                ; vypne motor p1.4 = 1
    SETB ZAVORA              ; vypne zavoru p1.3 = 1
    jmp loop1

END
```